

CIRJE-J-78

製品アーキテクチャの 概念・測定・戦略に関するノート

東京大学大学院経済学研究科
藤本隆宏

2002 年 6 月

このディスカッション・ペーパーは、内部での討論に資するための未定稿の段階にある論文草稿である。著者の承諾なしに引用・複写することは差し控えられたい。

製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート
A Note on the Concepts, Measurements, and Strategies
of Product Architecture

東京大学大学院経済学研究科 教授
経済産業研究所ファカルティフェロー
藤本隆宏

要約

製品のアーキテクチャ（基本設計思想）という概念を経営戦略に応用する際の基本概念、およびアーキテクチャ測定の問題を考察する。まず、アーキテクチャの基本概念と基本分類（インテグラル型、モジュラー型、クローズ型、オープン型など）、およびアーキテクチャの階層性と連続性（スペクトル性）について論じる。また、アーキテクチャのインテグラル/モジュラ 度の測定問題を考察する。次に、この概念を経営戦略に適用し、アーキテクチャと組織能力の適合関係、アーキテクチャの両面戦略、位置取り（ポジショニング）戦略、組み合わせ（ポートフォリオ）戦略等を説明する。

Abstract

This exploratory paper deals with some basic concepts of architectural strategy, or application of the concept of architecture to strategic management, as well as the issue of measuring architecture. First, the paper discusses definitions and types of product architecture, including integral, modular, closed, and open types. It also points out hierarchical and continuous (spectrum) nature of product architecture, and discusses the issue of how to measure architecture. The paper then applies the concept of architecture to strategic management. The topics selected here include the fit between architecture and organizational capability, dual architectural strategy, architectural positioning strategy, and architectural portfolio strategy.

1 はじめに：アーキテクチャの基本概念

本稿の目的は、いわゆる「製品アーキテクチャ戦略」について、幾つかの分析概念を提示し、また、アーキテクチャの測定方法に関する考察を加えることである。製品アーキテクチャの概念、アーキテクチャおよびアーキテクチャ戦略の基本的な定義、アーキテクチャと組織能力の関係、アーキテクチャの両面戦略、アーキテクチャの階層性と位置取り戦略、アーキテクチャのポートフォリオ戦略、アーキテクチャの測定方法、といったトピックについて、順次、分析枠組や基本概念を提示していくことにする。その意味で、本稿は、今後の本格的実証分析に対する、下拵え的な探索研究である。

まず、「アーキテクチャ」の基本概念について概略説明しよう（詳しくは、Ulrich [1995]、藤本 [1998] [2001a]、國領 [1999]、青島・武石 [2001]、青木・安藤 [2002]、他を参照）。

1.1 製品アーキテクチャとは

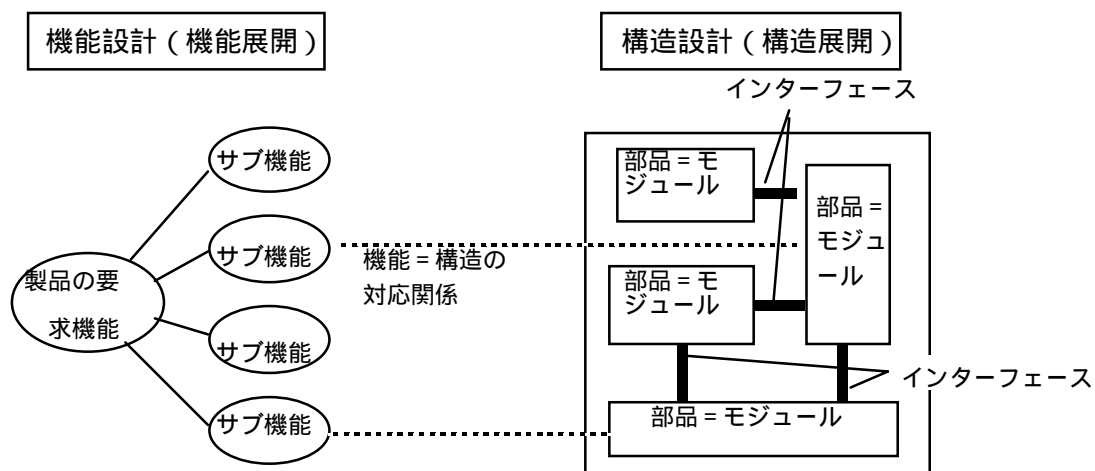
「アーキテクチャ (architecture)」という言葉は、日常用語としては「建築」と訳されることが多いが、ここでは「システム設計の基本思想」を意味すると考えていただきたい。一般に、製品、サービス、工程、組織、物流プロセス、情報ネットワーク、事業など、人間が構想し設計する人工システムは、目標とされる望ましいシステムの挙動、すなわち「機能」を達成するために、複数の構成要素を連結したシステムの「構造」を対応させる、という手順で設計されるのが基本である。つまり、人工システムの設計・開発は、通常は、機能設計から構造設計へと進む。

これは、企業が商業生産し販売する「製品」(product) の場合も同様である。つまり、企業が商業生産を企図する各々の製品について、まず要求される基本機能を構想し、それを複数の下位機能の束へと展開し、そうした機能群を製品の各部分（部品・コンポーネント・モジュール）に対応させていく、というのが、製品設計という作業である。このとき、製品全体としての機能を整合的に達成するために、通常は部品間の連結部分（インターフェース）を通じて構造的・機能的な情報やエネルギーのやりとりが必要となる。つまり、製品機能と製品構造をどのように対応させ、部品間のインターフェースをどのようにデザインするかが、製品設計技術者にとって、最も基本的な意思決定になる。こうした、製品に関する基本的な設計構想を「製品アーキテクチャ (product

architecture) 」とよぶことにしよう。

要するに、製品の「**アーキテクチャ**」とは、「どのようにして製品を構成部品に分割し、そこに製品機能を配分し、それによって必要となる部品間のインターフェース（情報やエネルギーを交換する「継ぎ手」の部分）をいかに設計・調整するか」に関する基本的な設計構想のことである（図1）。

図1 基本設計思想としてのアーキテクチャ



1.2 工程アーキテクチャとは

以上のようなアーキテクチャ概念を生産工程に適用することによって、「**工程アーキテクチャ**」を規定することもできる。工程（process）とはいってもなく、ある製品の商業生産を行うために必要な一連の生産設備・治工具・作業者・作業方法・操業方法などのシステムを指す。生産工程というシステムに要求される機能とは、原材料・仕掛品を変形させて所定の構造を持つ製品を生み出すことである。そうした工程機能を達成するための一連の工程群の編成を構想し、それらの「つなぎ方」（プロセス・フローおよびレイアウト）を考えるのが、「**工程設計（process design）**」である。以上のように、工程に関しても、製品と同様に、アーキテクチャを定義することができる。

つまり、「製品アーキテクチャ」が、「製品機能システム」と「製品構造システム」の対応関係に関して定義されるのに対し、「工程アーキテクチャ」は、直接的には、「生産工程システム」と「製品構造システム」の対応関係に関して定義される。ただし、後述のように、ある種の化学製品などのように、製品構造

(例えば製品の分子構造)が不明である場合、その製品構造を飛ばして、直接「生産工程システム」と「製品機能システム」の対応関係をアーキテクチャとして考えることもできる。こうしたケースも含めて、広義の「工程アーキテクチャ」と考えることにしよう。

本稿では、主に狭義の「製品アーキテクチャ」について分析するが、一般に、製品と工程は表裏一体であり(Abernathy [1978])、特に装置産業系の場合、製品と工程は一体不可分であることが多いため、必要に応じ、「工程アーキテクチャ」も含めて議論することにする。

1.3 アーキテクチャの諸タイプ

次に、製品アーキテクチャの主要な諸タイプを簡単に説明しよう。製品アーキテクチャの代表的なタイプとしては、「モジュラー型」(組み合わせ型)と「インテグラル型」(擦り合わせ型)の区別、また「オープン(開)型」と「クローズ(閉)型」の区別があると言われる。

1. **モジュラー型アーキテクチャ**: 図1における機能と構造(部品 = モジュール)との対応関係が1対1に近く、すっきりした形になっているものを指す。つまり、製品をあるレベルに分解した場合の基本モジュール(部品)を見ると、それぞれの部品(モジュール)がかなり機能完結的である。このため、部品(モジュール)相互間の信号やエネルギーのやり取りもそれほど必要ではなく、モジュール間の連結部分(インターフェース)が比較的シンプルで済む。したがって、各部品(モジュール)の設計者は、インターフェースの設計ルールについて事前の知識があれば、他の部品の設計をあまり気にせず独自の設計が出来る(Baldwin and Clark [2000])。つまり、モジュールの「寄せ集め設計」でも立派に製品機能が発揮できる。
2. **インテグラル型アーキテクチャ**: これは、モジュラー型製品とは対照的に、機能群と部品群の関係が錯綜している製品設計思想を指す。自動車はその典型である。例えば、自動車が持つ大きな機能として、騒音や振動など「乗り心地」系の機能があるが、それでは車の乗り心地のよさを達成する特定の部品があるかといえ、そういうものはない。タイヤ、サスペンション、ショックアブソーバー、シャーシー、ボディー、エンジン、トランスミッション

ンなど、すべての部品の設計を微妙に相互調整することではじめて、トータル・システムとしての「乗り心地」という性能が発揮される。サスペンションのわずかなジオメトリーの違いや、エンジンの重心がアクセルよりわずかに前にあるか後にあるかといった微妙な点が、製品の性格に大きく影響してくる。また、逆に一つのモジュールが多くの機能を担っている。例えばボディは、安全性・居住性・デザイン性・空力特性など、複合的な機能を持つ。つまり、機能と部品が「1対1」ではなく「多対多」の関係にある。したがって、各部品（モジュール）の設計者は、互いに設計の微調整を行い、相互に緊密な連携を採る必要がある。それが、インテグラル型の製品である。つまり、「モジュラー型」が、部品間の「擦り合わせ」の省略により「組合せの妙」を活かした製品展開を可能とするのに対して、インテグラル型は逆に、「擦り合わせの妙」で製品全体の完成度を競うのである。

以上の分類に、「複数企業間の連携関係」という軸を加味すると、「オープン型」と「クローズ型」という、もう一つのアーキテクチャ分類となる。

(a) オープン型アーキテクチャ：基本的にモジュラー型製品の一種であって、なおかつ、基本モジュールの間のインターフェースが、企業を超えて業界レベルで標準化した製品のことを指す（Fine [1998]，國領 [1999]）。したがって、企業を超えた「モジュールの寄せ集め設計」が可能であり、異なる企業から素性のよい部品を集めて連結すれば、複雑な「擦り合わせ」の努力なしに、ただちに機能性の高い製品が生み出される。例えば、パソコン、インターネット商品、システムコンポーネント系のオーディオ機器、自転車などは、この範疇に属する。

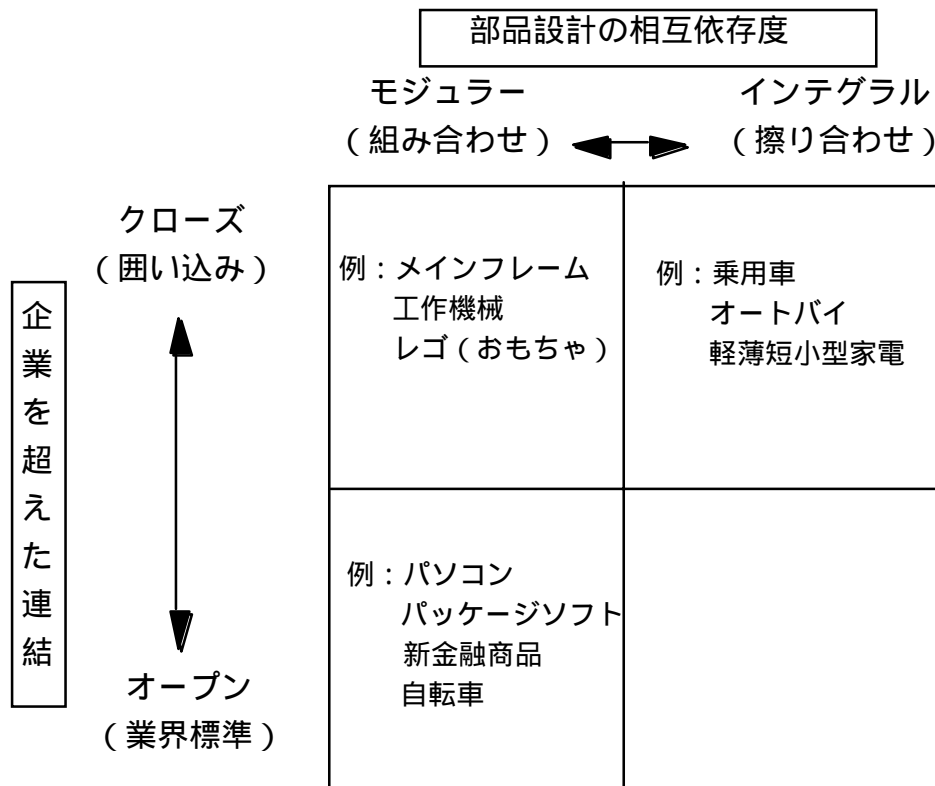
(b) クローズ型アーキテクチャ：モジュール間のインターフェース設計ルールが基本的に1社内で閉じているものを指す。例えば、情報産業の分析で知られる國領二郎教授が「囲い込み型」と呼ぶものがこれに当たる（國領 [1999]）。例えば自動車の場合、各部品の詳細設計は外部のサプライヤーに任せることもあるが、インターフェース設計や機能設計などの「基本設計」部分は1社で完結している。セダン型乗用車やオートバイは、こうしたクローズ型の製品であり、かつインテグラル型の典型である。一方、メインフレーム・コン

コンピュータの往年の名機、IBM360 型は、高度にモジュラー的だが (Baldwin and Clark [2000]) IBM の中で完結したクローズ型アーキテクチャの製品であった。標準型の工作機械や、組合せおもちゃの「レゴ」も、モジュラーだがクローズドな製品といえよう。

以上をまとめれば、図 2 の通りである。単純化のため、モジュラー性をオープン性の必要条件と仮定するならば、この 2 X 2 マトリックスから 3 つのアーキテクチャのタイプが導き出される。「クローズ / インテグラル型」(左上)には自動車、オートバイ、「軽薄短小」型家電などが来る。「クローズ / モジュラー型」(右上)は前述のようにレゴ、IBM360、標準型工作機械など、そして「オープン / モジュール型」には自転車やパソコン、インターネット商品が当てはまる。

この図に関連した一つの論点は、「オープン / インテグラル型」(図の右下のセル)はタイプとして存在するか否か、である。本稿では、オープン型をモジュラー型的一种と定義しているので、「オープン / インテグラル型」は論理的に存在しない (國領 [1999]、藤本 [2001a])。しかし、「オープン型」の定義次第では、このタイプもあり得る点、注意を要する。

図2 設計情報のアーキテクチャ特性による製品類型



また、設計における「オープン・アーキテクチャ」と、購買における「オープン取引」とが概念的に混同されることがあるが、両者は異なる概念として峻別されるべきである。一般に、購買における「オープン取引」とは、所与の設計の部品に関する潜在的な供給者のリストをあらかじめ限定せず、オープンな競争の結果として供給業者を決める方式のことである。したがって、クローズ型アーキテクチャの部品であっても、貸与図方式（発注側作成図面による発注）あるいは承認図方式（発注側作成仕様による詳細設計込みの発注）による購買をオープン取引、つまり全ての潜在的供給者にチャンスを与える形で行うことは、論理的には可能である。つまり、「オープン取引」即「オープン・アーキテクチャ」ではないのである。

いずれにしても、後述のように、各製品の「モジュラー度」「オープン度」などを厳密に測定することは容易でない。前述の図2も、あくまで、傍証の積み重ねに基づく、研究者の主観的な判断による素描である。厳密な実証分析を行うためには、アーキテクチャのインテグラル性/モジュラー性、オープン性/クローズ性を測定する方法論を整備する必要がある。しかし、いざ測定しよう

とすると難しい問題が多く、特に、異なる製品間でアーキテクチャを測定する方法は未だ確立していない（この点は後述する）。

それでもなお、このような分類図は、日本企業の得意技が何であったか、それに基づきどのような戦略を採用すべきか、等々を考える上で、我々に新たな洞察を与えてくれる。測定の厳密性の限界について十分な配慮をしながら使うならば、こうした概念枠組は、経営戦略論や産業政策論にとって、粗削りながら有益な道具となることが期待される。

1.4 製品・工程アーキテクチャの階層性

製品・工程アーキテクチャの基本的な定義と分類が終わったので、次に、製品や工程のアーキテクチャの概念が、「階層性」(hierarchy)という概念と密接に関連していることを示す。これは、後述のようにアーキテクチャの戦略論を構想する上で、非常に重要な概念である。

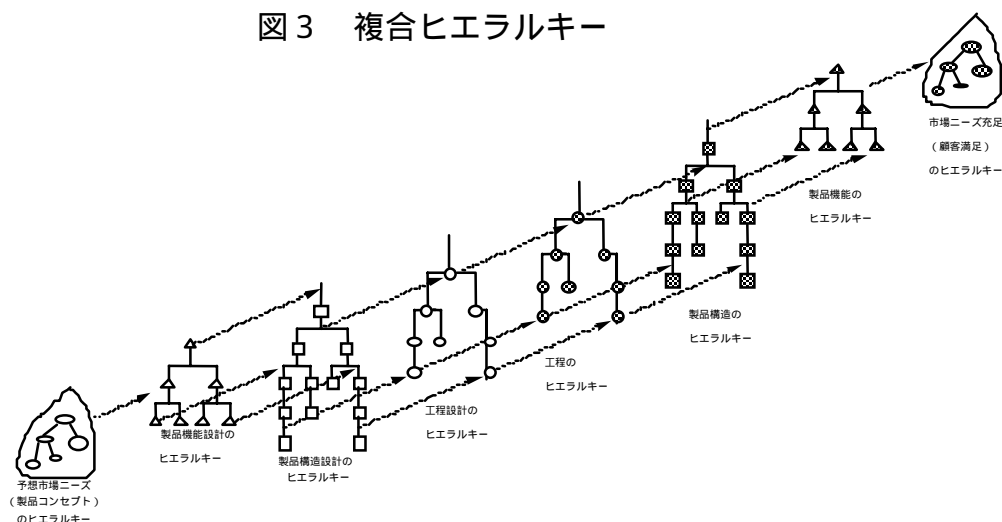
前述のように、アーキテクチャとは、人工物システムの設計に関する基本思想のことである。そして、かつてハーバート・サイモン (Simon [1996]) が指摘したように、一般に「複雑な人工物システム」は、階層構造として記述できる。企業が保持する生産資源、例えば製品や工程もその例外ではなく、それぞれの生産資源は、階層的なパターンを示している (藤本[1997] [2001c] [2002b])。このことを、自動車製造企業の事例で確認しよう。

複合ヒエラルキー：一般に、自動車の設計・開発および生産・販売・消費のプロセスは、製品コンセプト作成（その新製品でいかにして市場ニーズを満たし競争に生き残るかに関する将来構想）、製品機能設計（製品の持つべき機能要件の設計）、製品構造設計（製品・部品の詳細な構造の設計）、工程設計（製品構造を実現するための生産工程の基本設計・詳細設計）、工程準備（実際の工程の調達・設計・準備）、製品構造の実現（量産プロセス）、製品機能の実現（使用段階における製品性能・機能の実現）、顧客満足の実現（市場ニーズの充足）といった情報の循環プロセスとなっている（藤本[2001c]）。このプロセスのうち、製品コンセプト、機能設計、構造設計、工程設計、工程、製品構造の各段階に属する情報資源は、E. ペンローズのいう「生産資源 (productive resource)」概念に相当するものといえる (Penrose[1968])。

そして、図3で示すように、これらの生産資源は、各々が階層的なシステ

ムだと見なすことができ、各々、サブシステムや構成要素に分解できる。つまり、ある製品に関わる製品機能、製品構造、生産工程などの連鎖は、図のように「複合ヒエラルキー」として記述することができる（藤本 [1986] [1997]）。

図3 複合ヒエラルキー



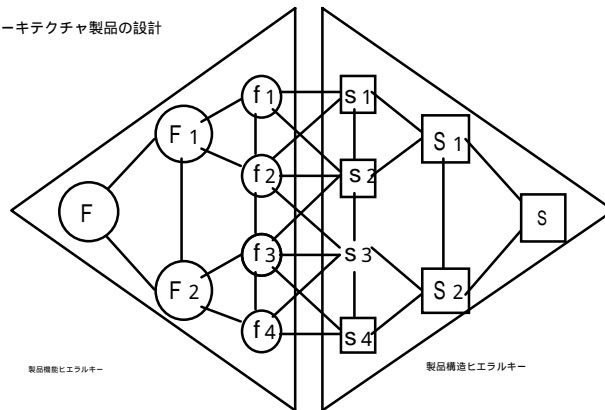
資料：藤本（1997）藤本（1986）をベースに作成。

このように、自動車の開発・生産のシステムは、市場ニーズの階層構造、製品機能・製品機能の階層構造、生産工程の階層構造などからなる「複合的な階層システム」としてとらえることができる。そして、これらの階層構造（ヒエラルキー）はお互いに対応関係を持っている。製品や工程の「アーキテクチャ」とは、こうしたヒエラルキ間の対応関係に関して定義される、システム設計の基本構想に他ならない。以下、製品アーキテクチャを中心に説明する。

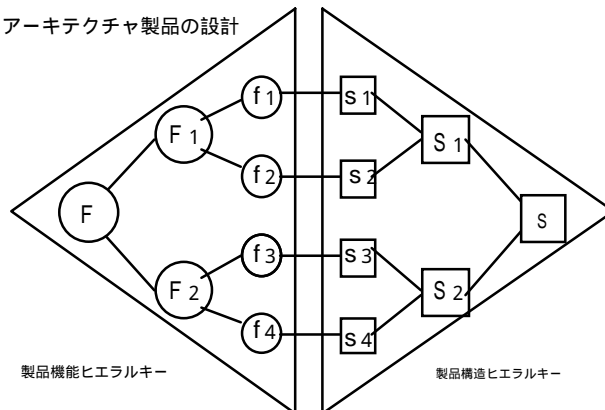
製品アーキテクチャと階層性：狭義の「製品アーキテクチャ」は、「製品機能のヒエラルキー」と「製品構造のヒエラルキー」の対応関係として定義できる。これを視覚的に示すならば、図4のように、二つのヒエラルキーを、いわば「鰯の干物」のように左右に展開したダイアグラムになる（Goepfert and Steinbrecher[1999]）。

図 4 製品モジュール化（製品構造・機能の複合ヒエラルキー）

インテグラル・アーキテクチャ製品の設計



モジュラー・アーキテクチャ製品の設計



凡例：F = 製品全体の機能 S = 製品全体の構造

F 1、F 2 = 製品のサブ機能 f 1 ~ f 2 = 製品のサブサブ機能

S 1、S 2 = 大モジュール s 1 ~ s 4 = 小モジュール

—— = 連結

注：図の簡略化のため、FとS、およびF 1、F 2、S 1、S 2間の連結は省略した。

図4の上の図は、自動車のようなインテグラル・アーキテクチャの製品の場合を示している。すなわち、製品機能（左半分）と製品構造（右半分）それぞれの構成要素が互いに多対多で絡み合っているため、例えば部品S1の設計者は、次の要素を考慮する必要がある：(1) 他の部品との機能的相互依存性（ $s_1 \sim f_1$ 、 $s_1 \sim f_2$ 、 $s_2 \sim f_1$ 、 $s_2 \sim f_2$ など）；(2) 他の部品との構造的な相互依存性（例えば部品干渉； $s_1 \sim s_2$ ）；(3) 製品全体の設計との相互依存関係（例えば製品デザインとの整合性； $s_1 \sim S$ など）；(4) サブ機能間の相互依存性（ $f_1 \sim f_2$ 、 $F_1 \sim F_2$ など）。

一方、こうした相互依存性を低減することが、「製品アーキテクチャのモジュール化」に他ならない。その結果、図3の下図のように、部品と機能の間において、1対1の対応が確保されやすくなり、部品S1の設計者は、とりあえず機能 f_1 と全体設計Sに集中して設計を行えばよい。つまり、この部品が「機能完結的なモジュール」となり、部品設計の自律性が高まる。以上の処置の後、さらに残った相互依存性は、できるだけ簡略化・標準化した部品間インターフェースで処理すれば良い。

工程アーキテクチャと階層性：製品アーキテクチャと同様に、「工程アーキテクチャ」は、「生産工程のヒエラルキー」と「製品構造のヒエラルキー」の対応関係（広義には「生産工程のヒエラルキー」と「製品機能のヒエラルキー」の対応関係も含む）として定義できる。生産工程を複数のサブ工程に展開する階層構造を想定した場合、生産工程のある要素（例えばサブ工程）と製品構造（あるいは製品機能）のある要素（例えばモジュール）とが、1対1にきれいに対応していれば、「モジュラー型の工程アーキテクチャ」といえる。

例えば、DRAM半導体の前工程においては、ステッパなど、個々の半導体製造装置の中に技術が埋め込まれており、それが半導体の特定の構造的要素を完結的に実現できると言われる。これは、「機能完結的なサブ工程」によって構成される、相対的にモジュラー的な工程アーキテクチャといえる。図4との関連で言えば、工程システムの要素と製品構造（あるいは機能）システムの要素の間に1対1のすっきりした関係が成立している状況がこれに当たる。

これに対し、例えば自動車用冷延鋼板の製造工程においては、特定の製品構造（グレード）を実現するためには、製鋼・連続鋳造・圧延工程における一貫品質管理、つまり工程制御パラメータの微妙な相互調整が必要とされる。つま

り、生産工程の諸要素間の擦り合わせが必要である。これは、相対的に「インテグラルな工程アーキテクチャ」といえる。図4との関連で言えば、工程システムの要素と製品構造（あるいは機能）システムの要素の間に複雑な多対多の関係が成立している状況がこれに当たる。

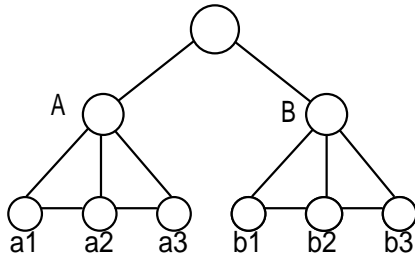
一般に、生産工程に相当な投資を要する現代の製造業においては、製品アーキテクチャのみならず、工程アーキテクチャの分析が重要である。例えば、工程アーキテクチャの「インテグラル度」は、生産工程の設計および運営における連携調整の必要度に直結すると考えられる。特に、化学産業など、製品構造の設計と生産工程の設計が一体不可分なプロセス産業では、工程アーキテクチャの分析が必須である。

1.5 アーキテクチャの表現形式

前述のように、アーキテクチャは、製品、工程など、複数の構成要素からなるシステムにおける機能的・構造的な相互依存性として定義される。そして、図5に示すように、一般にシステムは、ヒエラルキー、ネットワーク、マトリックスといった形式で表現することができる。図で例示したのは、6つの構成要素（a1, a2, a3, b1, b2, b3）からなるシステムで、a1, a2, a3 はAというサブシステム、b1, b2, b3 はBというサブシステムを構成し、多層的なヒエラルキーとなっている。また、サブシステム内の構成要素間には相互作用が存在するが、サブシステム間は相互依存性が無いものと想定している。

図5 システムとアーキテクチャの表現形式

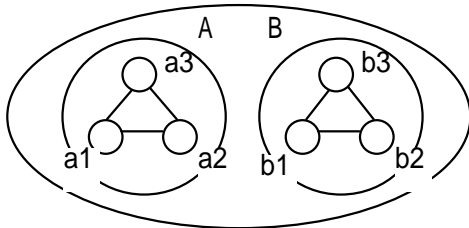
1 ヒエラルキー（階層）表現



3 マトリックス表現

		A			B		
		a1	a2	a3	b1	b2	b3
A	a1		x	x			
	a2	x		x			
	a3	x	x				
B	b1					x	x
	b2				x		x
	b3				x	x	

2 ネットワーク表現



アーキテクチャ的に言えば、このシステムは、サブシステム A、B に関してモジュラー的であるが、サブシステム A、B そのものは各々インテグラル的であるといえる。いずれにしても、アーキテクチャはシステムの上に定義され、それはヒエラルキー（Goepfert and Steinbrecher [1999]、藤本 [2002b]）、ネットワーク（Simon [1996]、青島・武石 [2001]）あるいはマトリックス（Baldwin and Clark [2000]、ボールドウィン [2002]）といった形式で表現できる。本稿でも、これらの表現形式を適宜使いながら分析を進めることにする。

1.6 設計パラメータ空間におけるアーキテクチャの表現

製品アーキテクチャの違いを表現するもう一つの形式は、設計パラメータ空間の一点としてシステム（例えば製品）を表現することである。図6では、2つの要素、「部品 X」と「部品 Y」からなる製品を想定している。例えば、自動車であれば、部品 X をボディ、部品 Y をエンジンと考えることが可能である。

さらに、「部品 X」と「部品 Y」は、それぞれ2種類あり、それらは、ある代表的な設計パラメータ、すなわち X1 と X2、Y1 と Y2 で判別できるとしよう。例えば、自動車というシステムを構成するボディとエンジンを代表する設計パ

ラメータが、ホイールベース（軸間距離）と排気量であるとすれば、図6が示すのは、ホイールベースが各々X1とX2である2種類のボディと、排気量がY1とY2である2種類のエンジンが存在する状況である。

図6 設計パラメータと製品アーキテクチャ（1）

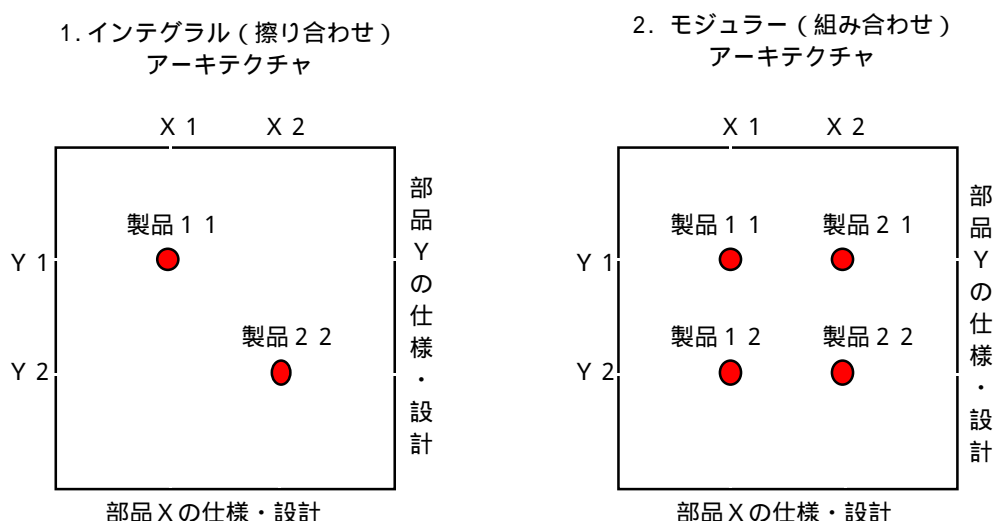


図6のケース1で示すように、純粋にインテグラル・アーキテクチャの製品においては、設計パラメータXとYが特定の値になった時のみ、互いに連結可能であり、かつ全体製品としてまともに機能する。例えば、図6の1のように、2つの部品の設計パラメータが最適値（X1，Y1）に設定された場合の「製品11」、および最適値（X2，Y2）になった場合の「製品22」のみが顧客にとって受け入れ可能な製品である場合、この製品群（製品11と製品22）は、典型的なインテグラル・アーキテクチャ製品であることがわかる。この時、2種類の部品Xと2種類の部品Yは、いずれも各々の製品に専用の「特殊設計部品」であり、それらを連結する部分は、製品ごとに異なる「専用インターフェース」であると考ええる。

一方、図6のケース2では、部品Xと部品Yが両方とも「共通モジュール」であり、設計パラメータ（X1，Y2）および（X2，Y1）を組み合わせた「製品12」と「製品21」も市場が受け入れ可能である。この場合、この製品群（製品11、12、21、22）は、純粋にモジュラー・アーキテクチャの製品である。モジュラー製品が、より効率的に製品のバラエティを生み出せることは、図から明らかである。この時、2種類の部品Xと2種類の部品Yは、い

ずれも複数の製品が共用する「共通部品」であり、それらを連結する部分も、複数の製品で用いられる「共通インターフェース」であると考える。

さて、ここまでは、1社内で完結する製品設計を想定してきたが、ここで、複数の企業がモジュールの設計に参加できる状況を想定してみよう。これによって、図7のように、オープン・アーキテクチャとクローズド・アーキテクチャの区別を表現することができる。

図6と同様に、図7でも2つの部品Xと部品Y（例えばボディとエンジン）を想定し、企業Aと企業Bが、部品Xと部品Yの双方を設計・生産しているものと考えよう。図7のケース1では、市場で受け入れられる製品は、A社の部品同士、B社の部品同士の組み合わせだけであり、しかも、特定の製品に専用のモジュールしか存在しない。この場合、4種の部品Xと4種の部品Yから生み出される製品は、A社製品2種、B社製品2種、合計4種のみである（設計パラメータ空間の4つの点）。これは「クローズド・インテグラル」型の製品群の典型である。

図7 設計パラメータと製品アーキテクチャ（2）

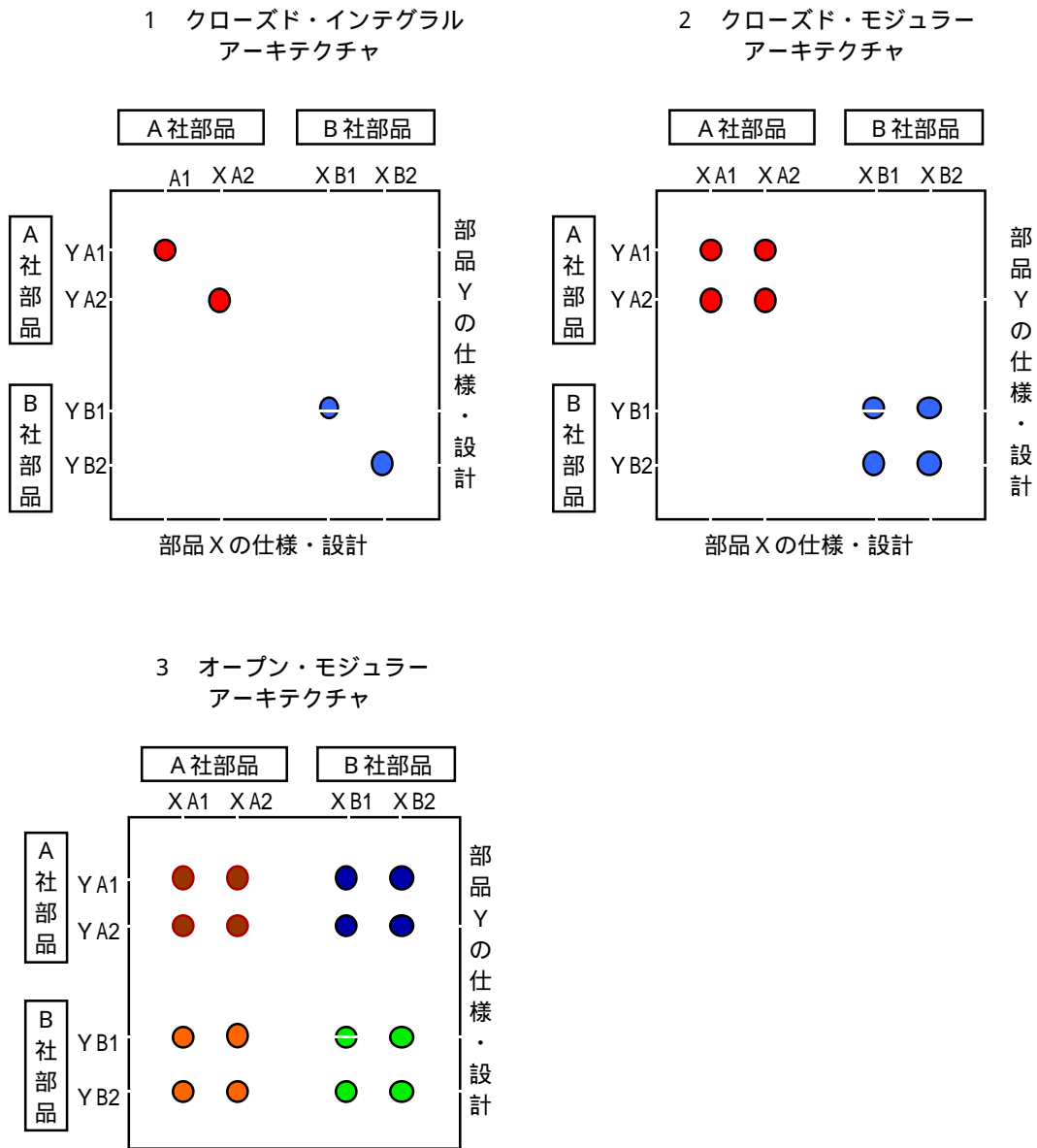


図7のケース2は、依然としてA社、B社の中の社内部品同士の組み合わせしか市場で認められていないという意味で「クローズド・アーキテクチャ」であるが、社内での部品共通化は進んでおり、「クローズド・モジュラー」型と規定できる。この場合、4種の部品Xと4種の部品Yから生み出される製品は、A社製品4種、B社製品4種、合計8種に増える。

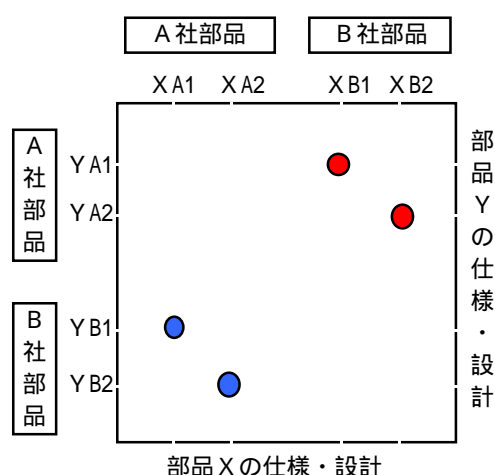
これに対して、図7のケース3は、「オープン・モジュラー型アーキテクチャ」の典型である。図は、A社の部品とB社の部品を組み合わせた製品も市場で受け入れ可能であることを示している。この場合、4種の部品Xと4種の部品Yが

ら生み出される製品は、A 社製品 4 種、B 社製品 4 種、それに AB 混合製品が 8 種、合計 16 種に増える。つまり、他の条件を一定とすれば、オープン・モジューラ製品は、製品バラエティの効率的な増殖がより容易である。

このように、設計パラメータ空間に製品をプロットすることによって、アーキテクチャのタイプの違いを概念的に示すことができる。しかしながら、この図は、モジュールが 2 つを超えるシステムを記述することは難しく、したがって実証的な分析には使いにくい。あくまでも、概念図として利用できる、ということである。

ちなみに、図 8 で示すような変則的なパターンをどう解釈するかは、アーキテクチャ概念を理解する上で重要である。

図 8 設計パラメータと製品アーキテクチャ (3)



この場合、すべての部品が製品専用部品である点からすれば、プロットされた 4 つの製品はインテグラル・アーキテクチャ製品である。しかし、A 社部品と B 社部品が連結可能である、という意味で、これを「オープン・インテグラル・アーキテクチャ」と言えるだろうか。確かに、このケースでは、インターフェースは異なる企業の部品を連結することができるので、この点を重視するなら「オープン」と言えなくもない。しかし、4 つの製品は、いずれも製品専用部品を製品専用インターフェースで連結したものであるので、「企業を超えた汎用インターフェースの存在」がオープン・アーキテクチャの要件だとすれば、このケースは少なくとも「オープン」ではない。本稿では後者の考え方を採り、

「オープン・インテグラル・アーキテクチャ」という概念は認めないが、定義次第ではこれを「オープン・インテグラル」と認めることも可能である点、注意を要する。

1.7 アーキテクチャの連続性（スペクトル性）

本稿ではここまで、「インテグラル／モジュラー」などといった2分法に基づいて、アーキテクチャの分類論を展開してきた。しかしこれは、あくまで、基本的な概念把握のための荒ごなしの分析である。より厳密に言うならば、これらは2分法ではなく、むしろ「純粋なモジュラー型」と「純粋なインテグラル型」を両極とするスペクトルであり、個々の製品は、このスペクトルのいずれかのポイントに位置付けられる。

アーキテクチャの「インテグラル度／モジュラー度」の測定については後述するが、例えば、図4において、2つのヒエラルキーを連結する線の数（ただし構成要素数で割って標準化した指数）は、アーキテクチャの「インテグラル度」のよい指標の候補といえる。あるいは、モジュール間をつなぐインターフェースのうち、社内あるいは業界内で標準化されたものの比率をアーキテクチャの「モジュラー度」の指標とするのも、一つの考え方である。

いずれにしても、アーキテクチャの「インテグラル度／モジュラー度」を測定するためには、製品機能ヒエラルキーや製品構造製品機能ヒエラルキーの、ある特定のレイヤー（層）を選択する必要がある。これは、図4を見ても明らかのように、論理的な必然である。つまり、階層構造のどのレイヤーで構成要素（モジュール、部品）を定義するかによって、測定された「インテグラル度／モジュラー度」は違ってくる可能性が高い。したがって、アーキテクチャの一義的な測定のためには、階層構造の特定のレベルを選択する必要がある。

レベル選択のルールは一意には決まっていないが、ひとつの考え方は、各々の製品ごとに、最もモジュラー性の高いレベルを選び、そのレベルについて測定を行う、というものである。つまり、アーキテクチャの「モジュラー度」の操作的な定義は、厳密に言えば、「最もモジュラー的な層における、モジュールの機能完結度」であり、「インテグラル度」の操作的な定義は、同じく「最もモジュラー的な階層における、モジュールの機能的相互依存度」だと規定することができる。

このように、「アーキテクチャの階層性」と、「アーキテクチャの連続性

(スペクトル性)」は、相互に密接に関連した概念である。そして、アーキテクチャの階層性と連続性は、「アーキテクチャの測定」という次のテーマにとって、必要不可欠な布石となる。

2 アーキテクチャの測定問題

アーキテクチャの基本概念を説明したので、次に、測定の問題に移ろう。まず第一に、アーキテクチャの厳密な測定は極めて難しいということを指摘しておく。製品アーキテクチャの経営学的分析を行った文献は近年かなり多いが、それらは、概念の整理、主観的なアーキテクチャ類型の判別に基づくケーススタディあるいは時論の類であり、現在のところ、体系的なアーキテクチャの「インテグラル度 / モジュラー度」等の測定に基づく実証分析はほとんど見当たらない。

そこで、将来の本格的な実証分析に備えて、ここでは、アーキテクチャ測定の基本的なフレームワークを試論的に示すことにする。

その出発点は、既に示したアーキテクチャの定義に他ならない。すなわち、本稿では、アーキテクチャの定義として、「**システムの機能と構造の対応関係**」という側面と、「**システムを構成する要素間のインターフェースの簡素化・標準化の度合**」を強調してきたが、アーキテクチャの測定も、この二つの側面に応じて、二つのアプローチがあり得ることを示す。

2.1 構造・機能対応関係による測定の可能性

まず、「**システムの機能と構造の対応関係**」という側面に着目した測定フレームワークを考えてみよう。

例えば、図4のヒエラルキー形式で、構造・機能対応を考えてみよう。ヒエラルキー、構造ヒエラルキーそれぞれ、あるシステム階層を前提とした時、その間の構造・機能対応関係は、2つのヒエラルキーを結ぶ線の数で示される。仮に機能要素の数も構造要素の数も共に n (図4であれば4つずつ)である場合、図4の2のような純粋にモジュラー・アーキテクチャ型の製品では、構造と機能を連結する線の本数は n 本である。これに対して、図4の1のように完全にインテグラルな製品の場合、 n 個の機能要素すべてが n 個の構造要素すべてと結びついているので、連結線の本数は n の二乗である。

仮に、アーキテクチャのモジュラー度を、「機能と構造の対応関係が1対1に近い度合い」と定義するのであれば、これを測定するひとつの考え方は、「機能・構造連結線」の端点の数を、「機能要素数 + 構造要素数」(ノードの数)で割って指数化する、というものである。この数が高いほどインテグラル・ア

ーキテクチャ度が高く、低いほどモジュラー・アーキテクチャ度が高いと考えよう。具体的には、

インテグラル・アーキテクチャ度 = 連結線数 \times 2 \div (機能要素数 + 構造要素数)

と指数化するのである。そうすると、純粋にモジュラー・アーキテクチャの製品の場合は、 $n \times 2 \div (n + n) = 1$ 、純粋にインテグラルな製品の場合は、 $n \times n \times 2 \div (n + n) = n$ 、つまり、この指数は1とnの間の値をとる(機能要素数と構造要素数がnとmである場合も、指数の特性は同様である)。

以上のような分析は、構造・機能要素を縦軸・横軸に配したマトリックス、例えばボールドウィン＝クラークが提案する設計構造マトリックス(DSM)によっても分析できる(Baldwin and Clark [2000], ボールドウィン[2002])。この指数は、いわばマトリックスの「混み具合」を反映していると言える。

以上示したアーキテクチャ指数は、論理的には定義と整合性が高く、妥当であるが、実際に連結線の数をもとに算定することは容易でない。その点に留意する必要がある。

2.2 インターフェース共通度・本体共通度による測定の可能性

次に、製品アーキテクチャを「インターフェース標準化の度合」あるいは「部品標準化の度合」で定義する立場と整合的なアーキテクチャ測定方法を示そう。

ここでは、複数の部品が連結され、階層的に組み上げられた製品、例えば自動車を考えてみよう。一般に、自動車、特に乗用車はインテグラル型・擦り合わせ型のアーキテクチャを持つと言われるが、この基準で測定した場合、実際はどの程度「インテグラル寄り」なのだろうか。実際、これを測定することは容易でない。以下、基本的な考え方を、自動車を例に示そう。

部品分割：自動車を分解すると、まずエンジン、ボディ、シャーシ、内装など約十の領域に分かれる。さらにばらせば、数十のサブシステム、千を超える機能部品、そしてボルトナットまでばらせば約三万の単体部品に分解できる。このように自動車は、多くの階層を持つ巨大なツリー状の部品展開表で表せるが、細かく言えば、階層により部位により、モジュラー化やインテグラル化の度合は異なる。したがって、「自動車はインテグラル型のアーキテクチャを持

つ」というのは、あくまでも全体の傾向を示しているに過ぎない。

それでは、自動車全体のアーキテクチャの性質をどう測定するか。まず、自動車を、機能別に上手く切り分ける必要がある。つまり、自動車に要求される機能を列挙し、そうした個々の機能と個々の部品とができるだけきれいに対応するように部品を分割する。そのように、ある特定の機能を担った部品を、一般に「**機能部品**」という。


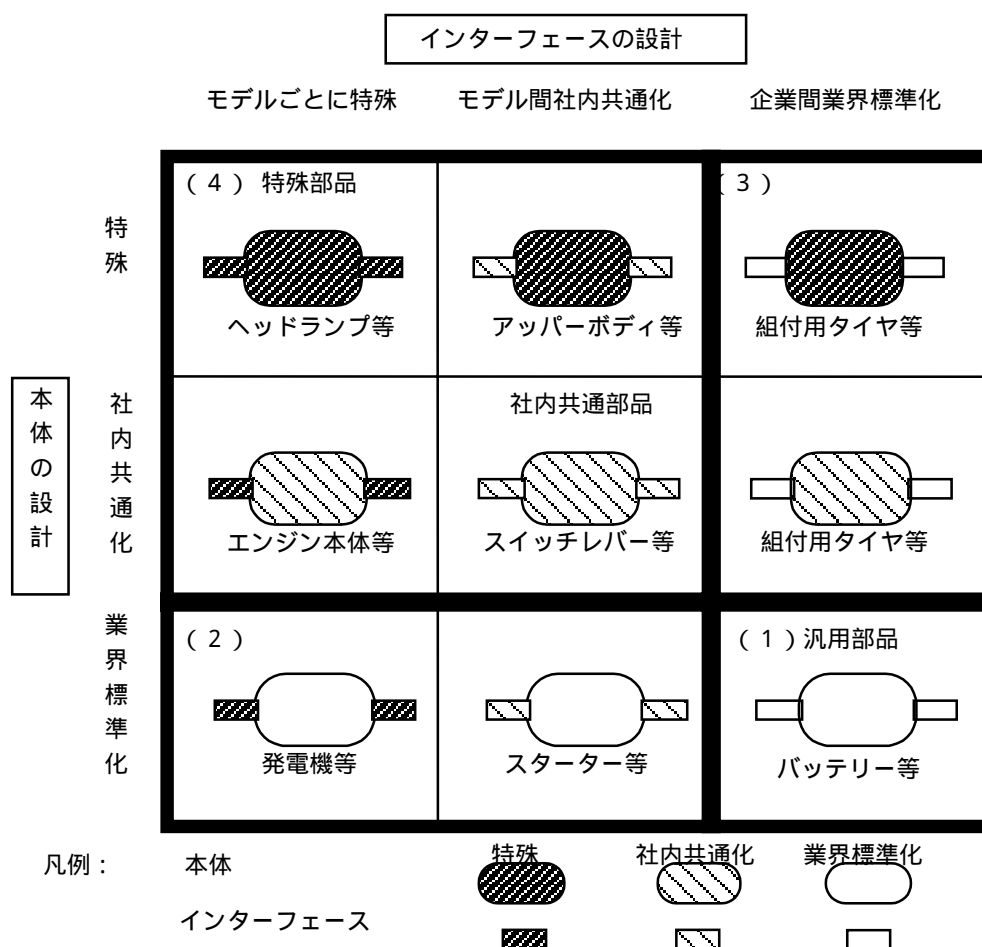
分類：そうした機能部品には、たいてい、本来の機能を担う「**本体**」の部分と、他の部品と連結する「**インターフェース**」の部分とがある。それらが、各モデルごとに特殊なカスタム設計になっているか、社内の他モデルと共通化しているか、企業を超えて標準化してるかで、そうした機能部品をさらに分類できる。例えば、 9のように、「本体」が製品専用か、社内共通か、業界共通か、また「インターフェース」(取り付け部分)が製品専用か、社内共通か、業界共通か、という基準で、3×3のマトリックスに各機能部品をプロットすることが、論理的には可能である。

図9 アーキテクチャ特性による自動車部品の分類（例）



あるいは少なくとも、本体とインターフェース（取り付け部分）が、業界共通か社内専用かで、簡素化した2×2のマトリックスが書ける。この場合、4つのセルには、以下のような部品がプロットされるだろう。

- (1) 本体もインターフェースも標準化した汎用部品：スパークプラグ、バッテリー、補修用タイヤなど。
- (2) 本体は標準化しているがインターフェースは企業・モデルごとに異なる部品：例えばスターターやオルタネータ（発電機）などの電装品。狭いエンジンルームに配置するために、取付部分・連結部分（インターフェース）の設計が特殊化している。
- (3) インターフェースは企業間で標準化しているが、本体は企業・モデルごと

に特殊化した部品：例えば組付け用タイヤは、取付・連結部分は業界標準（５つのボルト穴）だが、本体の材質やタイヤ溝のパターンは特殊設計である。

(4) インターフェース（取付・連結部分） 本体ともに各企業あるいは各モデルごとに特殊設計である部品。例えばコックピットや外装部品。

ただし、ここで「社内共通」「業界共通」とは、どこまでの共通度を指すのか、あらかじめ明確にする必要がある。例えば「社内共通」と言った場合、「社内のすべての製品が共有する」という意味での「社内標準」のことであるか、あるいは少なくとも２つ以上の主要なモデル間で共有していれば「共通」とみなすかで、分類の結果は大きく異なってくる。後述の自動車部品の分類では、共通化のコスト低減効果を重視した結果、後者の「複数の主要モデルによる共有」という基準で分類したが、このあたりは、研究の目的との整合性を勘案して、分類の基準を整合的に決める必要がある。

さて、以上の手順に従って、ある製品を、もっとも機能完結的な層まで分解し、抽出された「機能部品」をさらに図９のようなマトリックスに分類できたとしよう。マトリックスの各セルには、該当する部品名が列挙されている。さて、この状態から「アーキテクチャのインテグラル度／モジュラー度」を測定する指標は作れるだろうか。

集計：まず、各セルに属する部品を点数ベース、価額ベース、工数ベースなどで集計し、各セルの構成比を算出する必要がある。アーキテクチャが設計に関する概念であることから、本来、測定すべき対象は、設計努力量に基づく構成比である。したがって、設計工数で各部品をウェイト付けして集計するのが、もっとも妥当性の高い方法であろう。しかし、各部品の設計工数を、部品メーカーの設計工数も含めて把握することは難しい。したがって、現実的には、その他の測定方法で代替する必要がある。各部品の単価あるいは原価で重み付けをするのが、一つの次善の方法である。素材の価格など設計以外の要素も混入するが、設計努力量とある程度関連した指標であることは推測される。

そうした原価・単価情報も手に入らない場合は、単純に点数を勘定して集計するしかない。分解された部品が比較的均質な工数や単価になっていることが推定される場合はこれで大過ない。しかし、例えば自動車のボディ全体やエンジン全体を１点と勘定するような場合は、単純な点数ベースの集計は慎重に行うべきである。

インターフェース分類か本体分類か：いずれかの方法で、セルごとの集計が終わったら、次は、その数字を指数化する必要がある。ここでの選択は、まず、「**インターフェース分類の軸**」(図9の横軸)を重視するか、「**本体分類の軸**」(図9の縦軸)を重視するか、あるいは両方をバランスさせるか、という選択がある。アーキテクチャの本来の定義からすれば、インターフェースの分類に基づいて指数化するのが本筋であろう。しかし、インターフェース標準化度の分類は往々にして難しく、測定の信頼性の問題もあるかもしれない。

そこで、次善の策として、本体標準化度の分類に基づく集計もありうる。分類の精度はインターフェース分類より高いと推測される。また、自動車などの場合は、企業の設計活動合理化の面から考えると、本体の標準化が持つ経済的なインパクトの方が明らかに大きい(藤本[1997][2001c])。あるいは、両方の軸をバランスさせた集計方法もあるかも知れないが、この場合は、まず、その理論的根拠をしっかりと確立する必要がある。

指数化：測定の軸をインターフェースにするか本体にするかを選択したならば、いよいよそれを指数化する。図2で既に示したように、本稿では、「**インテグラル/モジュラー**」の軸と、「**クローズド/オープン**」の軸を分けて考えているので、指数も二つ必要になる。つまり、「**オープン(クローズド)アーキテクチャ度**」と、「**インテグラル(モジュラー)アーキテクチャ度**」という、2本立ての指数が必要になる。

以上の枠組みを前提にして、まず、インターフェース分類に基づく指数化の手順を考えてみよう。まず、前述のように、自動車を機能部品に切り分ける。つまり、機能部品の層を特定する。そして、それらの機能部品と機能部品をつなぐ「**取付部分/連結部分**」(インターフェース)が幾つあるかをまず数える。例えば、自動車の機能部品数を、最終組立ライン(場合によってはサブアッセンブリー・ラインやエンジン・ドレスアップ・ラインも含む)での組み付け部品の点数で代理するならば、その数はおよそ1000 2000と推定される。各機能部品がそれぞれ数力所の取り付け部分を持つと仮定するなら、取り付け部分の数は数千から1万数千かと想像される。これを分類する。

ただし、部品のインターフェースには、その部品を固定するための「**構造的インターフェース**」(ブラケットなど取り付け部分)と、他部品とエネルギーや信号のやり取りをする「**機能的インターフェース**」(シャフト、コネクタ、ホースなど)とがある。この両方をカウントするか、機能インターフェースだけを

集計するかなど、評価の目的に応じて使い分ける必要があるかも知れない。

次に、そうしたインターフェース（取付部分・連結部分）のうち、他社と共通化の汎用インターフェースの比率が何％であるか。これが「**オープン・アーキテクチャ度**」の一つの目安である。１からこれを引けば、「**クローズド・アーキテクチャ度**」となる。

同様に、各モデルごとに特殊設計であるインターフェースの比率が、「**インテグラルアーキテクチャ度**」の指標となる。１からこれを引けば、「**モジュラー・アーキテクチャ度**」となる。

次に、本体分類をベースにしたアーキテクチャ測定について。自動車部品の場合など、インターフェースの数をカウントするのは、実際には大変煩雑な作業である。そこで、いわば簡便法として、部品点数をカウントすることでも、当たらずといえども遠からずの傾向値が得られる。例えば「本体もインターフェースも業界標準化した汎用部品」の比率を設計の「オープン度」を代理指標と考えよう。乗用車の場合、そうした汎用部品の比率は１０％以下であるが、家電製品では３０％以上。パソコンであれば５０％以上と言われ、自動車は比較的クローズ型の製品であることが、おおまかな傾向として示唆される。

一方、新モデルの部品のうち、そのモデルのための特殊設計のものは一般に６０～８０％と高い数値になる。これは、自動車が比較的インテグラルな製品であることを、大雑把に示しているといえよう。こうした測定結果から推定する限り、自動車は比較的クローズ型かつ「インテグラル型／擦り合わせ型」の製品に分類されると推定されるのである。少なくとも、自動車は、例えばパソコンとはアーキテクチャ特性の相当異なる製品なのである。

アーキテクチャの基本概念と測定について、基本的なアイデアをいくつか提案した。次に、アーキテクチャ概念の戦略経営論への応用を考えてみよう。

3 アーキテクチャ概念の戦略論への応用について

3.1 アーキテクチャ戦略とは

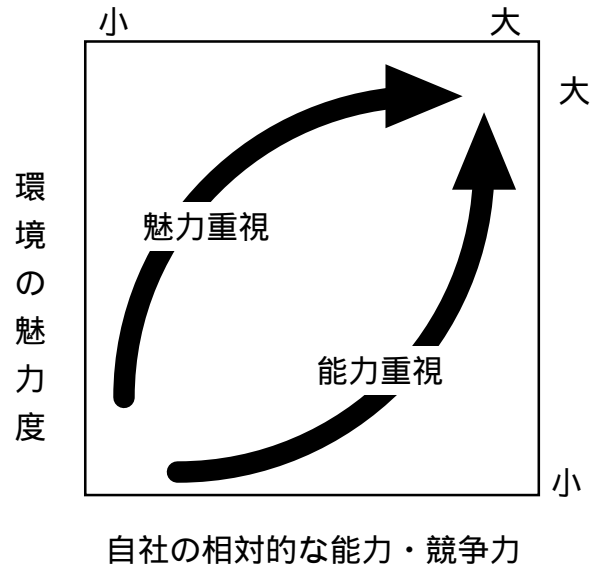
「**アーキテクチャ戦略**」とは、なんらかの形で「アーキテクチャ」の概念を応用した全社戦略あるいは事業戦略のことである。一般に経営戦略が、なんらかの意味での環境と組織のフィット（適合）という考え方を伴うものだとすれば（Andrews [1970], 伊丹 [1984]）、製品・工程アーキテクチャは、一種の技術環境の変数と見なすことができる。したがって、「**アーキテクチャと組織能力の適合**」という問題は、静態的な適合であれ動態的な適合であれ、（１）当該企業の既存の組織能力に適合する方向で製品・工程アーキテクチャを選択・改変する、あるいは逆に、（２）既に企業内に存在する製品・工程アーキテクチャに適合する組織能力・組織構造・組織プロセスを選択する、という、大きく二つの道筋に分かれる。前者には「**アーキテクチャのポートフォリオ（組み合わせ）戦略**」あるいは「**アーキテクチャのポジショニング（位置取り）戦略**」などが含まれ、後者には、アーキテクチャごとの戦略、特に「**アーキテクチャの両面戦略**」（得意なアーキテクチャでは攻め、苦手なアーキテクチャでは弱味を補完する競争戦略）が含まれる。以下、概略を検討してみよう。

3.2 組織能力とアーキテクチャの相互適応

そもそも２０世紀後半、経営戦略論が生まれた当初から、経営戦略論には二つの流れがあった。「組織の能力重視」と「環境の魅力重視」である。前者は、企業・事業が収益性を高め生き残るための大方針に関して、「まずは自社の組織を鍛えていかなる相手にも勝る能力を獲得すべきだ」と考える。一方後者は、「むしろ魅力ある高収益・高成長分野を他に先んじて見つけ出し、有利な位置取りをすることが先だ」と考える。

もともと経営戦略論は、この二つを車の両輪のように見てきた。初期の代表的戦略論者であるK.アンドリュースは、「独自能力の構築」と「魅力的分野の占拠」を不可欠の２要素とみた（Andrews [1970]）。６０年代に定着したPPM（製品ポートフォリオマネジメント）でよく用いるマトリックスも、能力がもたらす相対的競争力と事業環境の魅力度を二つの軸とした（図10）。定番的な戦略診断も、自社の強み・弱み（能力）分析と、環境の機会・脅威（魅力）分析から始まる。

図10 環境の魅力と自社の能力



むろん、図 10 で言えば右上の領域、すなわち魅力ある分野でトップに立つことが、事業の理想的姿であるが、そこに行く道筋として、有利な位置取りをした後にその制覇にかかるか（魅力重視）あるいは、まず能力を鍛え歴戦の中で魅力ある分野との遭遇を待つか（能力重視）少なくとも 2 つの経路があり得るわけである（藤本[2002a]）。

このように、能力重視論と魅力重視論の 2 分法は経営戦略論の歴史と共に古い。そして 80 年代以降の経営戦略研究は、このうちいずれを重視するかによって「組織能力派」（特に米国で「リソース・ベースト・ビュー」と呼ばれる系統。Wernerfelt [1984][1995], Grant [1991] など）と、M. ポーターなどに代表される「位置取り派」（ポジショニング派。Porter [1980] など）に分かれて論争することしばしばであった。

しかしながら、前述のように、経営戦略論は元来、組織能力と環境特性の双方向的な適合関係を論じてきた経緯がある。その流れに沿って言うならば、「アーキテクチャの戦略論」は、「**組織能力のアーキテクチャへの適応**」および「**アーキテクチャの組織能力へ適応**」の双方を含む、「相互適応」の視点から構築されるのが本筋であろう。

3.3 日本企業の組織能力と得意分野に関する仮説

さて、既に見たように、アーキテクチャとは、製品や工程といった人工物システムの設計における、諸要素間の相互関係に着目した概念である（Thompson [1967], Alexander [1964], Simon[1996]）。したがって、アーキテクチャが異なれば、その製品・工程の設計開発を行う企業に必要とされる業務プロセス、組織構造、組織能力などのあり方に、影響を与えることが予想される。より具体的に言うならば、相対的に複雑な相互作用を持つインテグラル型（擦り合わせ型・統合型）アーキテクチャの製品を設計・開発する組織プロセスは、より緊密な相互連携や濃密なコミュニケーションを必要とする傾向があり、その背後に存在する組織構造も、部門間の相互調整のメカニズムを発達させる必要がある（Thompson [1967]）。そして、それらを支える組織能力も、統合重視のものが要求される。

例えば、いわゆるトヨタ・システムは、20世紀後半を代表する典型的な「統合型の組織能力」であるが、これが「モノコックボディ形式の自動車」という、きわめてインテグラル・アーキテクチャ的な製品において発達したと言う事実は、単なる偶然ではないと考えられる（大野 [1978]、門田 [1983]、Womack et al. [1990]、藤本 [1997]）。

一般に、戦後日本の企業は、長期雇用や長期取引に基づいて緊密な相互調整やコミュニケーションを行う「統合型」の組織能力を持ち味としてきた、というのが、本稿で想定するおおまかな仮説である。その背景には、戦後日本経済の歴史的な特徴が関わっていると考えられる。すなわち、20世紀後半、戦後の日本では、物・金・人が足りない時期が長く続いた。生産資源が足りななかで高度成長してきたので、企業は、いったん抱え込んだ人材を大事に使った。下請もいったん確保したらできるだけ長くそこと付き合った。したがって、長期雇用・長期取引が日本企業の基本的な行動パターンとなった。したがって、企業内・企業間での濃密なコミュニケーション、緊密な相互調整、情報共有など、一般に「擦り合わせ」型製品の開発・生産に必要とされる「統合的な組織能力」が、戦後日本の企業の中では自然に発達しやすかったのである。

そして、こうした戦後日本企業の「統合型組織能力」と相性が良いのは、「統合型」（擦り合わせ型）の製品・工程アーキテクチャを持つ製品であった、というのが、本稿で想定するおおまかな仮説である。すなわち、汎用部品や汎用設備の寄せ集めではうまく行かないタイプの製品である。実際、乗用車、オート

バイ、軽薄短小型の家電製品、半導体製造装置など精密な産業機械、ゲームソフト、きめ細かい一貫品質管理を必要とする防錆鋼板や機能性素材など、日本企業の得意製品はこの「擦り合わせ」ジャンルに多かったようである。近年の不況のなかで、輸出などが好調なのは、概してこうした分野であったように見える。今後、より精密な測定による検証が待たれる仮説である。

3.4 アメリカ企業の組織能力と得意分野に関する仮説

これに対し、アメリカ企業は、どちらかと言えば「オープン・モジュラー型」アーキテクチャの製品を得意とする傾向がある。それは、米国の企業が、統合型の組織能力を戦後日本企業ほどには持たず、むしろ「組み合わせの妙」を活かすビジネスモデルの急速展開能力、そしてその背後にある「戦略構想力」に長けているからではないか。これが、アメリカ企業の得意技に関するおおまかな仮説である。むろん、厳密な形での検証はこれからであるが、米国企業・産業、とりわけ製造業は、「擦り合わせ」をできる限り省略することを、200年来的課題としてきた、というのが、本稿のいわば歴史観である。具体的に言えば、以下のような歴史認識である。

まずもって、アメリカは移民の国である。野心をもった、やる気のある人材が世界中から流れ込んできた。アメリカという国は、そうした人材を即戦力として使うことで発展してきた。このことが、既存システムへの「擦り合わせ」の努力を最小にしようとする、アメリカ企業の「モジュラー化指向」を形成してきた、と本稿はみる。

例えば、アメリカ型の「もの造りシステム」の歴史はおよそ200年だが、一九世紀の先進的アメリカ製造企業は、生産現場において機械加工の精度を高め、やすりで事後修正を要する「擦り合せ部品」を減らし、「互換部品」を増やそうとしてきた。そうして延々と努力してきた成果が、まさにフォード・システムであり、アメリカ的な大量生産システムだったのである。製造における擦り合わせ（やすりがけ）を不要としたアメリカ型の大量生産方式は、20世紀前半、世界を席卷した。

その後、20世紀後半になると、米国製造業は、自動車や家電など「擦り合わせ型」製品の領域で、統合的な組織能力を持つ日本のメーカーに対して劣勢に立った。しかし、1990年代に入ると、インターネットに代表されるモジュラー・オープン・アーキテクチャのデジタル財が経済を牽引する時代となり、

得意なモジュール製品という土俵を得たアメリカ経済は再び強くなった。設計面での「擦り合せ」が少ない「モジュール型」のデジタル製品（パソコンのハード・ソフト、インターネット製品など）が国民経済に占める比率が高まったことがその背景にある。

近年の情報革命によって、情報通信、金融、そして軍事を含めて、いろいろな製品やシステムが急速にデジタル化した。アメリカの企業は、その持ち味であるシステム構築能力や戦略策定能力を駆使して、様々なモジュラー型のデジタル財を開発し、それによって儲けるビジネス・モデルを創造し、事業を急速展開させ、収益を上げていったのである。以上が、アメリカ企業の組織能力と得意なアーキテクチャに関する、ごく大雑把な仮説である。

3.5 アーキテクチャの動態と顧客ニーズの進化

「擦り合わせの日本、組み合わせのアメリカ」という以上の構図を、20世紀終盤の日米製造業に適用すると、日米製造業の相対的競争力の変動が、ある程度説明できるように思われる。以下、80年代の日本製造業の躍進、そして90年代における米国産業の復活を、アーキテクチャ論の立場から説明してみよう。その基本的な発想は、以下の通りである。市場に受け入れられる製品のアーキテクチャを決めるのは、その製品の技術特性、および顧客の選好である。そして、顧客が、製品の機能的・デザインの洗練度を重視する局面ではインテグラル型製品、顧客が、製品のバラエティや変化を重視する局面ではモジュラー製品が選好される傾向がある。そうした顧客のニーズの全体的・傾向的な変化が、アーキテクチャ別の産業構成および市場構成の消長に影響を与える。

この観点からすれば、1980年代は「インテグラル・アーキテクチャ隆盛の時代」、1990年代は一転して「モジュラー型アーキテクチャ優勢の時代」だった、という大雑把な仮説が提示できる。

一つの象徴的な例を示そう。1990年、ハーバード大学のキム・クラーク教授と筆者は、ハーバードビジネスレビューに、「The Power of Product Integrity」という論文を掲載した（Clark and Fujimoto [1990]）。この論文で筆者らは、統合型の製品開発の代表選手として主に日本の自動車企業を分析し、「製品統合性」（プロダクト・インテグリティ）の高い製品は統合的な組織からのみ生まれると論じた。ところが10年後の2000年、ハーバードビジネススクールの学長に就任していたクラーク教授は、ボールドウィン教授と共著で、

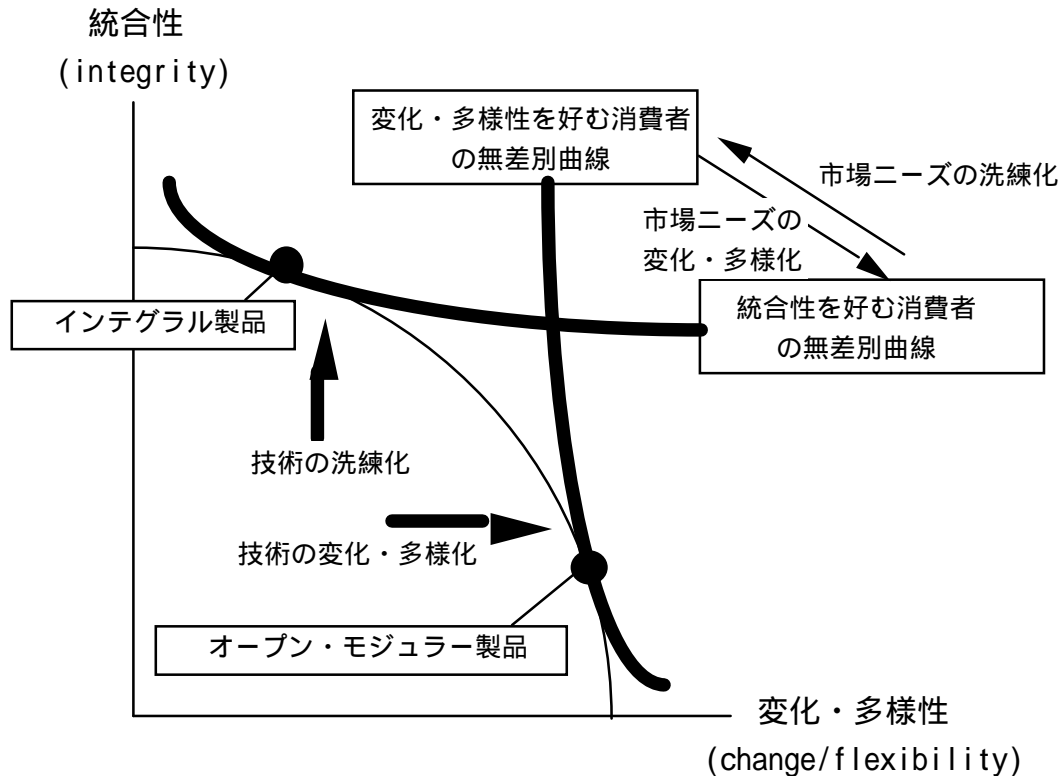
『Design Rules - The Power of Modularity』を書いた(Baldwin and Clark [2000])。そこで彼等は、製品をモジュラー化すること、つまり製品を構成する部品（モジュール）を機能完結的に切り分け、つなぎ部分（インターフェース）を標準化することの威力を説いた。１０年前とは対照的な論調であった。

１９９０年の「The Power of Product Integrity」と２０００年の「The Power of Modularity」は、この１０年に起こった変化を象徴しているとも言える。ごく単純化して言えば、１９８０年代は、日本の「統合型オペレーション」がもてはやされた時代であった。それは、インテグレーションの時代だったとも言える。対して、９０年代は、デジタル情報経済の拡大を背景に、米国企業の強い「モジュラー型ストラテジー」が幅をきかした時代だった。それぞれの時代の終わりに、二つの論文は出た。

しかし、８０年代の日本経済のバブルも、９０年代のインターネット・バブルも、結局はじけた。我々は、一方的なインテグレーションも一方的なモジュラー化も、産業・企業の競争力にとって万能薬ではないことを目撃してきたのである。むしろ、MITのチャールズ・ファインが示唆するように、各々の産業は、インテグラル極とモジュラー極の間を往復する「メビウスの環」のような循環の中にいると見るべきかも知れない(Fine [1998])。楠木・チェスブロウが「製品アーキテクチャのダイナミックシフト」と呼ぶプロセスも、やはり、技術と市場ニーズの共進化が生み出す現象ととらえることができよう(楠木・チェスブロウ[2001])。

そうした「アーキテクチャ変動」説の背後にあるのは、「アーキテクチャを決めるのは究極的には顧客である」という考え方である。一般に、現代の消費者は、少なくとも二つの軸で製品群を評価する傾向があると考えられる。一つは「変化・多様化」の軸であり、もう一つは「洗練化」の軸である(図１１)。そして、変化・多様性をより重視する顧客はモジュラー型製品、統合性・洗練性を好む顧客はインテグラル型（擦り合わせ型）製品を好む傾向が有る。

図 1 1 インテグラル製品とモジュラー製品の選択



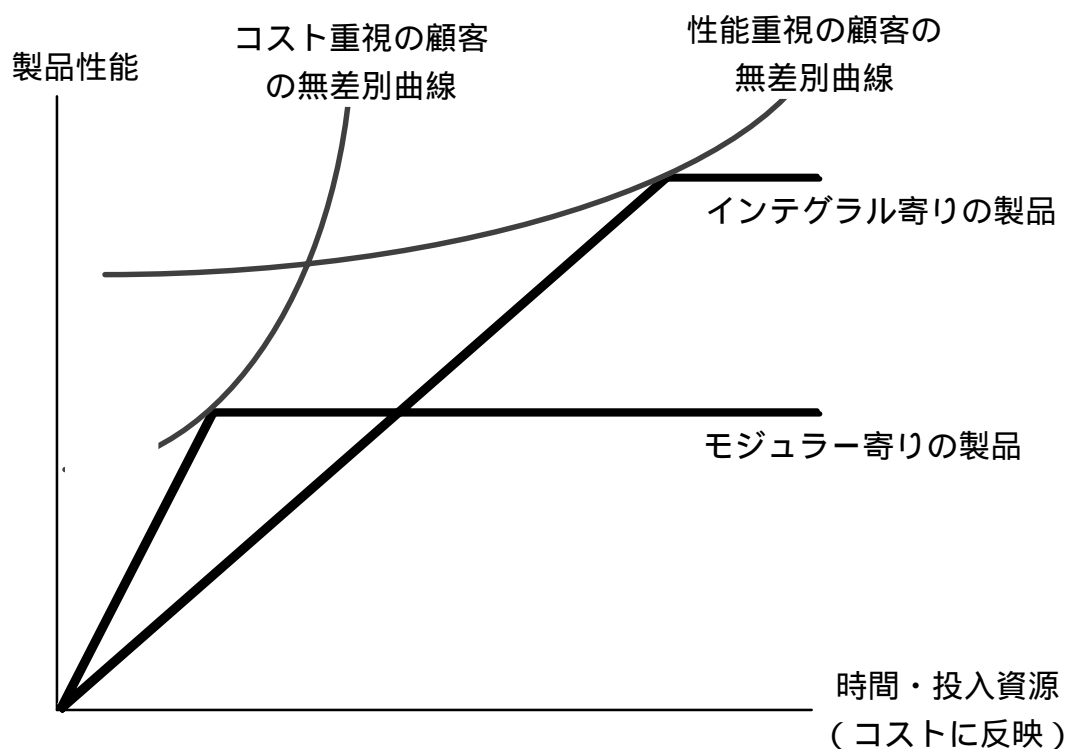
さらに、消費者の製品評価能力そのものも、より洗練されたものへと発達していく。そして、消費者ニーズの振り子が「変化・多様化」の方向へ振れるか「洗練化」の方向に振れるかによって、対応する製品のアーキテクチャもモジュラーからインテグラルへ、また逆にインテグラルからモジュラーへと振れる可能性が有る。つまり何らかの技術の法則性のみによってアーキテクチャがどちらかに一方的に振れると言うことは、実はない。このように、市場ニーズの進化経路が企業のアーキテクチャ選択に与える影響を、我々は無視できない。

とはいえ、デジタル情報技術やモジュラー設計技術の進歩によって、製品技術の「フロンティア」が「変化・多様化」の方向に急拡大したのが、技術面における 1990 年代の大きな特徴だったとは言えよう。その結果、総体的には、オープン化・モジュラー化の方向への技術シフトが起こり、そうしたモジュラー製品の開発・生産に伝統的に強いアメリカ企業・アメリカ経済が得意の分野で活躍し、繁栄した。その意味で、90 年代はまぎれもなく「オープン化の時代」であった。しかし、乗用車など擦り合わせ（インテグラル）型の製品も健

在ではあり、そうした領域では、日本型の統合型生産・開発方式（例えばトヨタ方式・リン生産方式）が依然として「グローバル・スタンダード」であり続けたのである。

同様の分析は、例えば青島・武石のアーキテクチャ分析ダイアグラムをベースにしても可能である（図12）。青島・武石の描く開発努力量（コストや時間に反映）と製品性能の関係を示す屈曲線は、インテグラル製品とモジュラー製品それぞれの「技術的フロンティア」を示すものと解釈できる。

図12 顧客ニーズのタイプとアーキテクチャの選択



注：青島・武石（2001）をもとに筆者作成

このラインに、コスト重視の顧客、性能重視の顧客それぞれの選好を示す「無差別曲線」を合わせることにより、新製品に関して性能重視の顧客はインテグラル製品、コスト・時間重視の顧客はモジュラー製品を選ぶ傾向があることが示唆される。ここでも、他の条件を一定とした時、アーキテクチャの選択が、顧客ニーズのあり方に大きく影響されるということは明らかである。

このように、モジュラリティとインテグリティのせめぎ合いの様相は、技術

変化と消費者嗜好のダイナミックな相互作用の影響を受けて、複雑に変化する。長期的に見ればおそらく、一方的なオープン・モジュラー化も、一方的なインテグラル化も幻想であった。「インテグレーションの８０年代」と「オープン・モジュラー化の９０年代」を経て、それらの可能性と限界を経験した我々が、２１世紀の初頭に得た結論は、結局のところ、「製品アーキテクチャの選択は、企業組織の製品設計能力と消費者の製品評価能力の相互作用および共進化の経路によって決まる」と言う、ある意味では当たり前の、ダイナミックなバランス論であるように思われる。

3.6 アーキテクチャの両面戦略：自動車産業の例

仮に、戦後日本企業が擦り合わせアーキテクチャの製品で強いとするならば、少なくともその分野での組織能力の強化は怠りなく行い、強みをさらに強化するのが、戦略論の基本である。一方、苦手なアーキテクチャの製品の場合は、最強企業に学ぶ、企業間提携で能力を補完する、苦手分野は捨てて得意分野に特化する、等々のオプションがある。どれを選ぶかは方針と体力次第である。以上が「**アーキテクチャの両面戦略**」である。

アーキテクチャに基づく両面戦略を策定する際、重要なポイントは、既存の産業分類に囚われないことである。例えば、既成の産業分類の視点からいえば一業種専門企業と考えられている会社、あるいは一つの産業に特化していると思われる事業部が、実は得意なアーキテクチャーと苦手なアーキテクチャの製品を同時に抱え込んでいることが少なくない。その場合、産業分類上は専門企業や単一事業部であっても、その中で、複数の戦略を使い分ける両面戦略を採る必要があるかもしれない。

このように、既成の産業分類上はよく似た製品であっても、実は製品・工程アーキテクチャが異なるために、対応する戦略や競争行動が大きく異なることがありうる。例えば、現代の日本では、自転車はクローズド・インテグラル・アーキテクチャ、オートバイはオープン・モジュラー・アーキテクチャというように、大きく異なる。しかし、中国で現地企業により生産されているオートバイは、後述のように、ある意味でオープン型製品に近く、したがってそこでの競争には、日本とは異なる戦略を要する。

また、同じソフトウェアでも、パソコン用のオペレーティング・ソフト（OS）はかなりモジュラー型寄りであるが、ゲームソフトは、まとまりが悪いと

違和感が生じる、という意味でインテグラル型寄りである。実際、ゲームソフト開発の組織のあり方は、同じくインテグラルよりの製品である乗用車のそれに近いところがある。一方、オペレーティング・ソフトの開発組織は、自動車のそれとは大きく異なる傾向がある（Cusumano and Selby [1995]）。

自動車の場合、大雑把に言えば、セダン系のモノコック・ボディ車はインテグラル型アーキテクチャー寄り、トラック系のボディ・オン・フレーム車はモジュラー型アーキテクチャー寄りである。後者はフレームで強度を保證することによって、ボディの構造を単純化することを可能にしており、このボディを着せ替え人形のように変える事によって、多様な製品展開を行い、また顧客の目先を変えるマーケティングが活きている。自動車企業は、こうしたアーキテクチャの違いを熟知し、得意不得意を見極めた上で、必要に応じて両面戦略に出る必要がある。

90年代米国自動車企業の両面戦略：「アーキテクチャの両面戦略」の顕著な成功例の一つは、90年代の米国自動車企業である。米国のいわゆるビッグ3は、一体型ボディで「摺り合わせアーキテクチャ」寄りといえるセダン系小型乗用車では、「インテグレーション型もの造り能力」の極致ともいえる「リーン生産方式」（トヨタ的システム）を徹底的に学習し、対日キャッチアップを部分的に達成した。しかし、それだけでは90年代後半のフォードやクライスラーの高利益率は説明できない。米国企業が従来から得意としていた、よりモジュラー寄りの製品であるトラック系乗用車の戦略展開を、同時に見ておく必要がある。

すなわち、米国自動車メーカーは、フレームとボディの組み合わせで勝負するトラック系乗用車（ミニバン、スポーツユーティリティ車、ピックアップ）の市場を拡大し、ここでセダン系の2倍を上回る利益率を出し、これで高業績を達成したのである。しかも、巨大な米国自動車市場の実に半分以上をトラック系製品へと誘導することに成功した。90年代後半、組立生産性や開発期間などの「もの造り指標」では日本勢にまだ追い付いていないのに、収益性では日本勢を凌駕する勢いを見せたのは、モジュラー型アーキテクチャ製品（トラック系）で儲ける得意の土俵に米国市場を引っ張り込めたからである。

ここで、日本企業が米国企業から学ぶべき点は主に二つある。第一は、モジュラー型製品（トラック系）で成功するモデルを学ぶこと、第二は、巧みな両

面戦略に表れる彼等の戦略構築能力から学ぶということである。しかし同時に、北米の消費者を得意のインテグラル型製品（セダン系）に呼び戻す、という「攻め」の戦略を併用すべきだろう。それが、日本企業の側から見た「裏の両面戦略」である。

むろん、米国企業の「大戦略重視」にも落とし穴はある。過去の利益パフォーマンスを見ても分かるように米国自動車企業は、快調な時には極めて高い利益率を享受するが、一旦環境が変化し戦略がはずれはじめると、利益の落ち込みも大きく、全体に不安定である。80年ごろの大型車戦略のいき詰まりも、2001年における米国自動車企業の変調も、戦略の優位性に依存する企業の弱点を物語っているように見える。半世紀にわたって赤字決算のないトヨタ自動車のような、オペレーションに優れた企業の持つ安定性とは対照的である。

つまり、あくまでも、米国企業の得意技である、全社的な戦略構想力や、モジュラー型製品で儲けるビジネスモデルでは謙虚に米国式に学ぶ一方、自社の強みである擦り合わせ型製品においては、従来より高い競争力や組織能力をしっかりと維持・向上することである。そして、その強みを収益に結び付ける戦略を怠りなく構想することである。これが、日本企業の側から見た場合の両面戦略に他ならない。

3.7 中国製造業の強みと「擬似的オープンアーキテクチャ」

次に、産業競争力の動態に関連して、90年代末から脚光を浴びるようになった、中国の一部製造業の躍進を、アーキテクチャ論の観点から分析してみよう。

中国地場製造業の「勝ちパターン」：最近脚光をあびている中国には、概して「擦り合わせ」製品を得意とする日本企業とは異なる、中国企業的な「勝ちパターン」があるように見える。しかし、多くの場合、「日本企業はクローズド・インテグラル製品が得意、中国企業はオープン・モジュラー製品が得意」という単純な二分法では説明しきれないものがあるようだ。

むしろ、中国の家電、オートバイ、小型トラックなどの産業を見ると、共通の流れが見えるのである。すなわち、(1) まず外国製品のコピーに始まり、(2) そうしたコピー部品の汎用部品化（オートバイの場合は国がコピー部品の汎用部品として事後承認している）、(3) そうした汎用部品を使った組立や改造を行

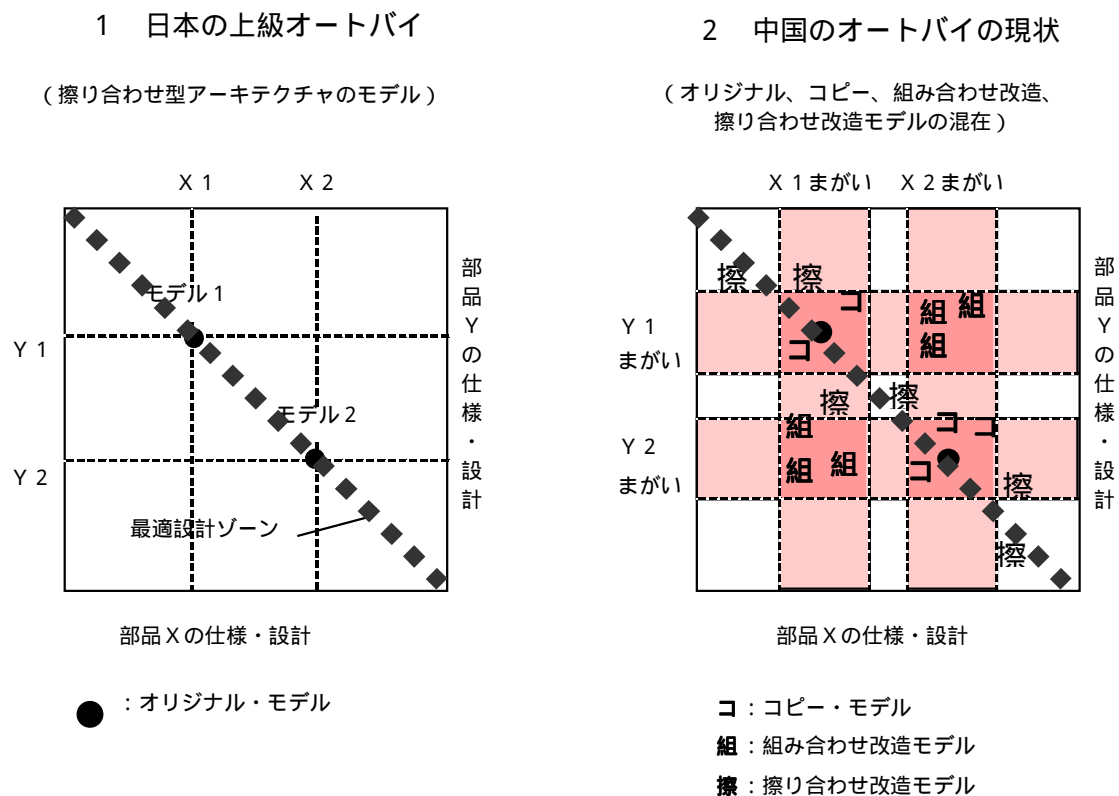
う多数の中国企業の簇生、(4) 過当競争による供給過剰と収益性の悪化、(5) それに巻き込まれた日本企業の収益悪化、(6) そうした激しい競争に勝ち残った強い中国企業の出現、といったプロセスである。日本企業は、こうした流れの中で、誰に負けているのか分からないような状態で、中国事業が不振に陥る可能性がある。

その背景にあるのは、「**アーキテクチャの換骨奪胎**」とでも呼べるような、中国産業でしばしば見られるパターンである。すなわち、家電やオートバイなど、日本企業が得意としてきた「摺り合わせた製品」を、イミテーションと改造の繰り返しによって、いつの間にか汎用部品の寄せ集めに近い、ある種の「オープン・モジュラー的な製品に変えてしまう、というメカニズムが、往々にして観察される。表面上はイミテーション製品の横行と政府によるその追認、あるいは知的財産権の軽視といった問題点が指摘されているが、その深層にある、こうした「**アーキテクチャの転換能力**」こそが、勃興しつつある中国製造業を考える上での一つのポイントである。

疑似オープンアーキテクチャ：しかし、元コピー部品である汎用部品の寄せ集めて多数の企業が組み立てる、という意味で、中国で繰り返されるこのパターンは、アメリカのデジタル製品のように、事前に周到に計画された本格的オープン・アーキテクチャではない。むしろ、一種の「**疑似オープン・アーキテクチャ**」を含む、**複合的なアーキテクチャ構成**と考えることができる。

一例として、筆者らが実証研究を進めている、中国の2輪産業について、「疑似オープンアーキテクチャ」形成のプロセスを簡単に説明してみよう（中国の2輪産業については大原 [2001] が詳しいので参照されたい）。ここでは、図68で説明した、設計パラメータ空間のマップを応用する（図13、図14）。

図 1 3 日本製オートバイと中国製オートバイのアーキテクチャ比較（概念図）



まず、図 1 3 の 1 の状態は、日本の高級オートバイにおける「インテグラル・アーキテクチャ」を示している。例えば部品 X がエンジン、部品 Y がフレームだとしよう。図の対角線上に存在する、特殊設計部品を用いた 2 つの最適設計モデル（モデル 1、モデル 2）のみが市場で受け入れられている。1960 年前後に登場した本田技研の「スーパーカブ」モデルおよび鈴鹿 2 輪工場によって、現在の先進国製モーター・サイクルを特徴付ける「クローズド・インテグラル型アーキテクチャ」の原形が言われる（太田原 [2001]）。それ以降、モーターサイクルは、ほとんどの部品をモデルごとに新設計する、典型的なインテグラル製品になったのである。その意味で、本田スーパーカブおよび鈴鹿工場は、自動車におけるフォード T 型モデルおよびハイランドパーク工場に匹敵する存在である。

これに対して、図13の(2)は、中国の地場モーターサイクル産業の現状を示そうとしたものである。すなわち、オリジナル・モデルである「モデル1」と「モデル2」(例えば中国の2輪産業であれば、本田のCG型やGL型など)の部品(X1, X2, Y1, Y2)の「近傍」に、オリジナル部品のコピーによる「**まがい部品**」というカテゴリーが存在している。「まがい部品」は、中国企業が、本田など外国企業のオリジナル製品の部品を、ライセンスに基づく設計図面の獲得、リバース・エンジニアリング(分解調査)によるスケッチ、図面の無断複写など、様々な合法・非合法手段で再現した結果であり、コピー誤差や改造の必要性から、オリジナル部品の公差(設計パラメータの許容誤差)よりずっと幅広い範囲に分布している。

そして、オリジナルのコピーによる、これらの「まがい部品」を利用することによって、少なくとも以下の3タイプのモーターサイクルが、多くの中国地場企業によって作られている。

3. **コピーモデル**：「まがい部品」を組み合わせることによって、単に「オリジナルモデル」を製品全体として模倣しただけのモデル。多くの場合、先進国企業はこれを非合法と認識している。例えば、補修部品を組み合わせることによって、ごく小さな企業であっても、モーターサイクルを自転車の店先のような感覚で組み立てることは可能である。コピー誤差が存在するぶん、オリジナルにくらべれば製品性能はかなり落ちる傾向がある。現在の中国では、群小メーカーがこのパターンに留まる傾向がある。
4. **組み合わせ改造モデル**：「まがい部品」をオリジナルとは異なる形で組み合わせることによって、オリジナルのデッドコピーから一步踏み出したモデル。当然、もともと「擦り合わせ製品」の構成要素として設計された部品をオリジナルに無い形で組み合わせるので、機能的・構造的に無理があり、性能は、オリジナル製品から見れば落ちる。
5. **擦り合わせ改造モデル**：「まがい部品」を使いながらも、それに設計上の工夫を加えることによって、性能・機能の向上を指向するモデルである。例えば、「まがい部品」に独自設計部品を組み合わせる、オリジナルモデルとは異なる形で設計図面の擦り合わせをそれなりに行う、などの方策が見られる。この結果、あくまでオリジナルモデルの近傍ではあるが、ただのコピーモデ

ルや組み合わせ改造モデルよりは競争力のある製品が開発されうる。中国の２輪産業の中でも、比較的経営力・技術力のある大手企業がこうしたモデルを作る傾向がある。

このように、コピーと改造の繰り返しによって、「コピーモデル」「組み合わせ改造モデル」「擦り合わせ改造モデル」などの雑多なミックスを生み出してきた中国の２輪車製品群は、全体として、複合的なアーキテクチャ構成を持つが、「まがい部品」をあたかも本格的な汎用部品のように扱う点で、「疑似オープン・アーキテクチャ」と呼ぶことができるのではないかと筆者は考えている。

疑似オープンアーキテクチャの形成過程：さて、９０年代末から２１世紀初頭にかけての中国製オートバイのアーキテクチャを、図１３のように複合的な「疑似オープン・アーキテクチャ」と規定するならば、次に、どのようにしてこうした複合的なアーキテクチャが生まれたのか、その形成過程を考察する必要がある。すなわち、図１３の１のような、日本型擦り合わせ製品の受け入れから始まって、図１３の２のような現状に至る過程の説明である。

本格的な歴史分析は今後の課題であるが、諸々の傍証を再構成して推定するならば、おおよそ、図１４に示すような、「コピーと改造」(大原 [2001]) による「**アーキテクチャの換骨奪胎**」が起こっていたのではないかと考えられる。

図 1 4 コピーと改造による「アーキテクチャの換骨奪胎」過程（概念図）

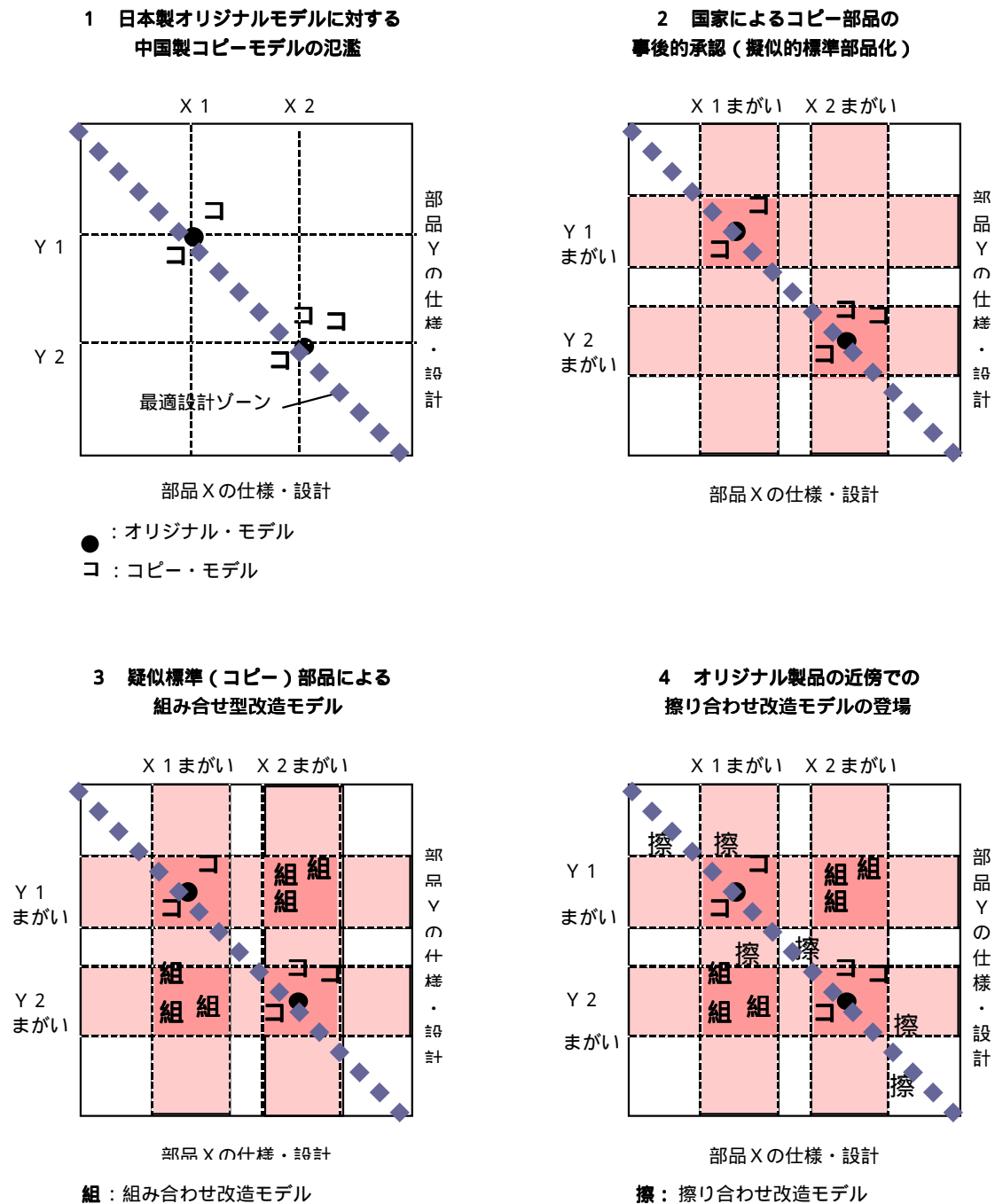


図 1 4 の 1 で示したように、中国企業における、日本製のオリジナル・モデル（例えば本田 1 2 5 C G モデル）の正規ライセンス生産、あるいは当事者の合意に基づかぬオリジナルモデルやライセンスモデルのコピー（日本企業から見れば不正コピー）によって、様々なコピー・モデルが中国市場で氾濫する。

この過程で、コピー・モデル組立企業によるエンジンなど部品の内製に加えて、コピー部品を作る部品メーカーが簇生し、コピー部品の生産体制が事実上成立する。

次に、図14の2のように、中国政府が、そうしたコピー部品の存在を事後的に承認し（「産品承認」と言われる）コピー部品が、中国国内で、一種の擬似的な汎用部品・標準部品として認知される。例えば、「本田125CG」という日本製のオリジナルモデルのピストンを製造する中国の部品メーカーの中には、ライセンスに基づく正規部品を製造する企業も、ライセンスに基づかぬコピー部品のメーカーも含まれるが、これらの企業が生産する部品を一括して「本田125CGのピストン」として分類し、中国政府として「産品承認」し、部品番号を与える。この分類に含まれるのは、オリジナルとコピーの混成集合である、という意味で、「まがい部品」と呼ぶことにしよう。そうした「まがい部品」は、素材や仕様を落とし、汎用部品として大量生産することなどによって、日本製のオリジナル部品に対して、相当なコスト競争力を持つ場合が多い。

さて、そうした「まがい部品」が中国政府公認のカタログブックに掲載され、それらの部品を作る企業のリストが公開されると、これらの部品を使って、いわば自転車と同じ要領でオートバイを組み立てる企業が簇生する。これらの組立企業の中には、特定オリジナルモデル（例えば「本田125CG」）の「まがい部品」一式を購入して「コピー・モデル」を組み立てる中国企業もあるだろう。しかし、オリジナルの異なる「まがい部品」を組み合わせ、勘合しないところは工夫して修正することによって、「組み合わせ改造モデル」を製造する企業も出てくるだろう（図14の3）。

さらに、相対的に設計能力の高い中国企業は、「まがい部品」を大部分使いながらも、オリジナルモデルの近傍で、それなりの設計パラメータの相互調整（擦り合わせ）を行い、性能の向上を図るかもしれない。あるいは、オリジナルモデルにはない技術や独自の外装デザインを追加するかもしれない。その結果として生まれるのは、依然としてオリジナルの改造モデルではあるが、それなりの設計擦り合わせによって性能やデザイン性を向上させた「擦り合わせ改造モデル」である（図14の4）。こうしたモデルは、オリジナルモデルよりは性能が落ちるが、中国市場では、その低コストゆえにオリジナルバイクを凌駕する競争力を持つ傾向もある。

以上のような「アーキテクチャの換骨奪胎」による「複合的な疑似オープン・

アーキテクチャ製品群の生成」というプロセスは、必ずしも厳密な実証分析・歴史分析に裏付けられたものではなく、今後の研究の深化が待たれるが、少なくとも、アーキテクチャ論に基づく、中国オートバイ産業の形成に関する、一つの仮説を提示していると言えよう。

3.8 アーキテクチャの位置取り戦略

ポジショニング戦略とアーキテクチャ：さて、既に述べたように、一般に経営戦略論には、(1) 市場における「位置取り」(ポジショニング)に関する工夫をすることによって他社に勝る収益性を確保しようとする「ポジショニング戦略」(Porter [1980])と、(2) ポジションに応じて、あるいはポジションにかかわらず、他社が模倣できない組織能力や経営資源を獲得することによって他社に勝る収益性を確保しようとする「組織能力(経営資源)戦略」とが存在してきた。この枠組に、本稿で提示したアーキテクチャの視点を加味すると、どのような知見が得られるだろうか。

例えば、すでに述べた「アーキテクチャの両面戦略」は、「得意なアーキテクチャでは従来の組織能力をさらに拡充し、苦手なアーキテクチャでは提携や自主的学習によって組織能力を転換する」という考え方であり、基本的には、アーキテクチャを所与として組織能力の拡充や組み替えを図るという、「アーキテクチャに応じた組織能力構築戦略」である。

これに対して、逆の発想、つまり「自社の組織能力と、市場環境の構造を前提として、最適のアーキテクチャ的な位置取り(ポジショニング)を工夫する」という戦略も、当然考えられる。これを、「**アーキテクチャの位置取り戦略**」と呼ぶことにしよう。ここでは、「組織能力の活用」と、「魅力ある事業環境の選択」という二つのファクターが同時に考慮される。

例えば、自社の組織能力の強みが「統合化」つまり「擦り合わせ」の能力であるような、典型的な日本企業の部品メーカーを想定してみよう。そうした企業が、「擦り合わせ型アーキテクチャ」の部品において競争力を発揮しやすい、ということは既に述べた。しかしながら、同じ擦り合わせアーキテクチャの製品でも、それを汎用的な「業界標準部品」として販売する場合と、ある最終製品に専用の「カスタム設計部品」として売する場合とでは、平均の利益率が相当異なる傾向が監察されている。

具体的に言うと、日本では前者、例えば自転車部品のシマノやコンデンサー

の村田製作所のように、擦り合わせ設計で生産した製品を、業界標準的な非カスタム製品として売る企業に、売上高営業利益率が15%を超えるような高収益企業が多い傾向がある。それに対して、擦り合わせ製品の設計・製造能力では世界一級である日本の自動車部品メーカーの利益率が、ほとんどの場合5%前後かそれ以下である事実は、極めて興味深い。この利益差を説明できるロジックとして、本稿では「アーキテクチャの位置取り戦略」に注目するのである。

一般に、従来、「ポジショニング戦略」と言えば、もっぱら、市場の構造的分析によって魅力的な位置取りを見つけたす、という「市場のポジショニング戦略」(Porter [1980]) のことであった。そこでは、企業間の競争構造や取引構造が重視されたが、アーキテクチャなどの「技術構造」は議論の枠外であった。しかし、「市場のポジショニング戦略」だけでは、ややもすると現状の後追いとなり、ダイナミックな産業進化の流れを見誤る恐れがある。そこで、「市場のポジショニング戦略」を補完する、ある種のダイナミックな「技術のポジショニング戦略」として、「アーキテクチャの位置取り戦略」を構想することが必要と考えるわけである。

階層構造と位置取り：アーキテクチャの位置取り戦略を考える上での出発点は、既に説明した「アーキテクチャの階層性」の概念である(図3、図4)。「**アーキテクチャの位置取り戦略**」とは、アーキテクチャの階層構造における位置取り、さらには階層構造そのものの改変によって、より高い利益機会を得る戦略に他ならない。企業にとって、そうしたヒエラルキーのどの部分を切り取って自社の守備範囲とするかが、一つの戦略的意思決定となるわけである。

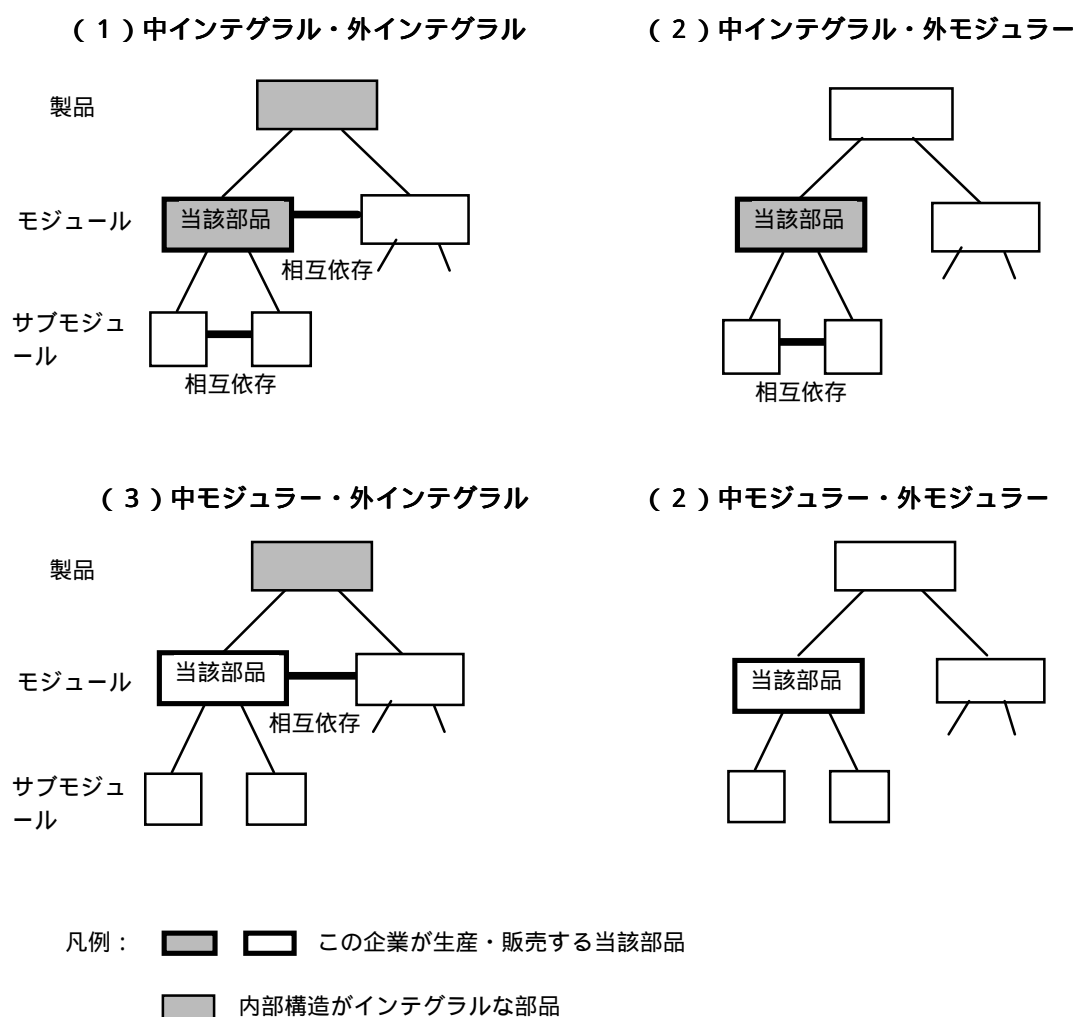
例えば、ある集成部品(それ自体が複数の子部品から成り立つサブアッセンブリー部品)を考えてみよう。図15は、アーキテクチャのポジション(位置取り)の基本タイプを示す概念図である。この例では、当該企業が取り扱う集成部品は、図のヒエラルキーの2段目左の太線のボックスで示される。その部品は、ある製品(第1層)の一部であり、同時に、子部品(第3層)の複合体でもある。

また、図15との関連で言えば、ある商品を取り巻く消費空間そのものも、こうしたヒエラルキーの一階層として示すことができる。例えば自動車は、それ自体、階層的な製品構造をもつが、それはまた、ガソリン、ローン、保険、用品、補修部品、サービスなどとともに、「カーライフ」という上層の消費シス

テムの一要素を構成する。つまり、消費財（例えば乗用車）を生産する企業にとっても、上位のシステム（例えばカーライフ）は存在する。

つまり、基本的には部品のみならず、あらゆる製品を、こうした階層構造の一部分として位置付けることができる（Langlois and Robertson, [1992]）。

図 1 5 アーキテクチャの位置取り：4つの基本ポジション



4つの基本ポジション：さて、図 1 5 にもどろう。この図で明らかなように、「アーキテクチャの位置取り」には4つの基本型がある。すなわち、当該製品・部品（第2層）から出発して、下の層を見た場合、製品の内部構造はインテグラル型かモジュラー型か、という区別がある。また、上の層を見た場合、その

製品が利用される川下産業の製品あるいは消費システムのアーキテクチャはインテグラル型かモジュラー型か、という区分ができる。これらを組み合わせれば、4つの基本的なポジション（位置取り）が存在することが分かる。

（１）「**中インテグラル・外インテグラル**」：その製品自体は「インテグラル（擦り合わせ）アーキテクチャもの」として設計・開発されているが、その製品の販売先のシステムもまた「インテグラル」であり、当該製品・部品は、そうした川下システム専用の特殊設計部品として販売される。

これは、自動車部品を筆頭に、日本で良く見られるパターンであり、得意なインテグラル製品である故に競争力は強い傾向があるが、その割に儲かっていないケースが多い。上位システムの特殊部品であるゆえ、量産効果が上がらず、価格設定権にも限界があることが、その要因と考えられている。

（２）「**中インテグラル・外モジュラー**」：第１タイプと同様、その製品自体は「インテグラル（擦り合わせ）アーキテクチャもの」として設計・開発されているが、その製品を取り込む販売先の製品やシステムはといえば、モジュラー的である。当該製品・部品は、さまざまな川下企業のシステムや製品に対して、汎用部品・標準部品として販売される。シマノの自転車ギアコンポーネントや、村田製作所のセラミックコンデンサーは、この範疇に入る。

同じ擦り合わせ製品であっても、「中インテグラル・外モジュラー」ポジションには、前述の「中インテグラル・外インテグラル戦略」ポジションに比べて、高い利益率を上げている企業が目だつ。標準品として売れるため、量産効果が上がり、価格設定権も大きいことが、その要因と考えられている。

以上は、多くの日本企業が得意とする「擦り合わせ製品」を開発し生産する企業が採りうる２つのアーキテクチャ的ポジションである。同じ擦り合わせ製品でも、どんな顧客に売ることによって利益を確保するかに関する体系的な方策、すなわち「ビジネスモデル」の違いで２類型に分かれるのである。

これに対し、日本企業がやや苦手とする傾向のある「モジュラー・アーキテクチャ」の内部構造を持つ製品の場合、採りうる基本型は以下の二つに絞られます

（３）「**中モジュラー・外インテグラル**」：逆に、その製品自体は「モジュラー・アーキテクチャもの」として設計・開発されているが、その製品を取り込む販売先の製品やシステムはインテグラル的である場合がある。例えば、社内共通部品や業界標準部品を子部品として活用し、それらをうまく組み合わせてカ

スタム部品・カスタム製品を作ること、ライバルに勝つコスト構造を実現し、顧客の特殊なニーズに上手に応えている、というケースがこれに当たる

どこまでをカスタム部品・製品と認定するかにもよるが、GEのジェットエンジン、キーエンスの計測機器などがこのタイプの位置取りに見える。また、部品ではないが、デルのパソコン・ビジネスモデルも、汎用部品を活用しつつ、顧客の特殊なネットワーク・ニーズにカスタム化で応える、という意味で、このタイプに分類できそうである。

(4)「中モジュラー・外モジュラー」:最後に、その製品自体も、売り先のシステムも、ともに「モジュラー・アーキテクチャ」である製品がある。この場合、一方で設計合理化によって共通部品・標準部品を活用しながら、他方で完成品を川下のモジュラー・システム向けの標準品として販売することによって、二重の意味で量産効果を得る。コスト競争力の追求がこのタイプのポイントである。小型モーターのマブチの製品に、この傾向が見られる。

以上の4つの基本ポジションを組み合わせ、自社にとってより良い成果を得ることが、「アーキテクチャのポジショニング戦略」の目的である。むろん自社現有の組織能力と市場構造を前提に、より良い「位置取り」を選択することがその基本だが、よりダイナミックに考えるならば、そうした技術体系(とりわけアーキテクチャ)あるいは市場構造そのものを改編することによって、自社により有利なアーキテクチャ的状況を創出する、という、より積極的な「アーキテクチャの位置取り戦略」も長期的にはあり得る。

日本企業のアーキテクチャ的位置取り:さて、以上の「アーキテクチャの位置取り」という概念を、戦後日本の企業に当てはめてみよう。

一般に、図15で示したように、ある製品、あるいは製品を含むユーザー・システムを考えた場合、ある階層でモジュラー性、他の階層でインテグラル性が現われることは少なくない。その意味で、「モジュラー的な製品」とは、「その製品のヒエラルキーの少なくともある1階層でモジュラー化(部品の機能完結化とインターフェース標準化)が進んでいる製品」のことである。つまり、「モジュラー的な製品」にも、インテグラルな階層はたいてい存在する。したがって、統合的な組織能力を持ち、擦り合わせ製品を得意とする企業は、仮にモジュラー的な製品であっても、その製品が持つ「インテグラルな層」に特化することによって、競争優位を得ることは可能である。

前述のように、戦後日本企業の強みは「統合的な組織能力」にあり、そうした企業と相性がよいのは統合的な製品である、という傾向は（まだ統計的には実証されてはいないものの）ある程度「定型化された事実」として受け入れることができよう。したがって、製品／消費システム全体のアーキテクチャ特性に関わらず、そのシステムの中のインテグラルな一階層（あるいは複数の階層）を取り込み、自社の「統合的な組織能力」を活かす戦略が、一定の妥当性を持つ。つまり、図16のマトリックスでいえば、左半分の世界が、日本企業が得意とするポジションであったと言える。

また、戦後日本の産業のもう一つの特徴は、その「層の厚さ」であったといえる。素材、部材、部品、資本財、最終製品と、あらゆる加工段階の製品を輸出することで、1960年代以来、貿易黒字を継続してきた。自動車、オートバイ、小型家電、かつてのメモリー半導体、高級鋼、半導体材料などはその典型だが、既にみてきた通り、多くの場合、それらは「擦り合わせ製品」と考えられる。戦後日本に出現した産業・貿易構造は、ごく単純に言えば、「**あらゆる加工段階から擦り合わせ製品を輸出する**」というものであったと規定できるかもしれない。

しかし同じ「擦り合わせ製品」でも、どのような相手に販売されるかによって、収益を得る仕掛け、すなわち「ビジネスモデル」は大いに異なる可能性がある。これが「アーキテクチャの位置取り戦略」の発想である。

例えば、同じインテグラル製品でも、それ自体が、より上位のインテグラル・システムの一部、つまりカスタム設計の特殊品として売られる場合、これは、前述の「**中インテグラル・外インテグラル戦略**」、つまり、擦り合わせて作ったものを擦り合わせ製品の部品として売る戦略である。このパターンを採ってきた日本企業は多い。自動車機能部品、特殊グレードを主力とするケミカルや鉄鋼製品、産業用機械など資本財、等々がこのカテゴリーに含まれる。ここでは、競争力、とりわけ「もの造りの能力」は国際的に見ても高いが、その割に利益率が低いケースが多い。戦後日本企業の一つの縮図とも言える。

このパターンの位置取り戦略を取りながら高収益を上げるには、下流の買い手企業と連携して、結合利益を高めた上で、その利益貢献分しっかりいただく、という戦略であろう。例えば、「顧客の顧客」を調査した上で川下企業に対して製品コンセプトを提案していくことが、一つの方向と見られる（桑嶋・藤本[2001]）。

カスタム製品であっても、ブランド力のある製品であれば高収益が見込める。つまり、同じ「中インテグラル・外インテグラル製品」であっても、「売りの仕掛け」の工夫次第で収益率は異なりうるのである。

これに対し、同じく擦り合わせで作った製品であっても、それを、モジュラー製品を作る顧客に対して「汎用モジュール」として売るのであれば、それは一種の「**中インテグラル・外モジュラー戦略**」である。つまり、その製品はモジュラーシステムの一部を構成する標準品として販売されるが、その製品自体の中身は高付加価値タイプの「擦り合わせ（インテグラル）製品」であり、多くの場合、その企業の統合的組織能力、ノウハウ、特許、その他で防衛されている。

とりわけ、その製品が、消費システム全体の顧客価値の大きな部分を占めると市場で評価されている「コア・モジュール」である場合、この「**インテグラルに作り高付加価値標準品として売る**」戦略は高収益を生みやすい。そのメカニズムは、事後的には M. ポーターの経済学的な枠組でも説明可能かもしれないが、アーキテクチャというポーターが見逃していたファクターを加えることにより、この戦略の説明はより明確になると考えられる。

「インテグラルに作り高付加価値標準品として売る」戦略を取っていると見られる企業の代表は、例えばインテルであるが、米国に比べて売上高利益率の低さが目立つ 90 年代以降の日本企業の中でも、比較的利益を出している企業に、実はこのパターンが多かったように見える（その検証には厳密な統計的な分析が必要であるが）。一般電子部品の村田製作所、キヨーセラ、TDK などはその典型である。信越化学などの高機能性汎用ケミカル、自転車コンポーネントのシマノ、ファスナーの YKK など、このパターンと見える。さらに、自動車やオートバイを、「カーライフ」というモジュラー的なシステムを構成する汎用性の高い構成要素と考えるならば、トヨタや本田もこのタイプと見なせるかもしれない。

このように、戦後日本の製造業の競争パフォーマンスや収益パフォーマンスを、「アーキテクチャの位置取り」という観点から再解釈してみることは意味がありそうである。暫定的な知見を述べるならば、日本の企業の中には、「中インテグラル・外インテグラル」という位置取り戦略を採る企業が多かったが、これらの企業は、もの造りの国際競争力が強い割には収益性が低い傾向がみられたのである。

例えば、前述のように、日本の自動車部品メーカーは、主に「擦り合わせ型」の部品を、擦り合わせ製品である自動車のメーカーに特殊設計部品として納入する「中インテグラル・外インテグラル」戦略を採る場合が多く、その結果、もの造りの国際競争力は世界でも一流でありながら、売上高営業利益率は、高いところでも5%前後と、国際的に見ても決して高くはなかった。

しかし、それでは、すべての企業が「中インテグラル・外モジュラー」のポジションを採り、高付加価値標準品に集中特化すれば良いのであろうか。話はそう簡単ではない。例えば、自動車の主要部品のメーカーの場合も、自動車自体のアーキテクチャを勝手にオープン・モジュラー化することは出来ないので、当面は「中インテグラル・外インテグラル」という現状のポジションに留まらざるを得ない。その究極の理由は、自動車の最終顧客が、「オープン・モジュラー・アーキテクチャの自動車」というコンセプトを受け入れていないことである。「**アーキテクチャを決めるのは最終的には最終顧客である**」という前述の命題を、我々は忘れてはいけない。アーキテクチャのポジションの選択は、あくまでも、市場と技術の制約条件を勘案しつつ行われるものである。

このように、アーキテクチャの位置取り戦略は、市場、技術双方の条件に制約される。収益の機会があるからといって、勝手に「中インテグラル・外インテグラル」から「中インテグラル・外モジュラー」へと、一方的にポジション替えができるものではない。

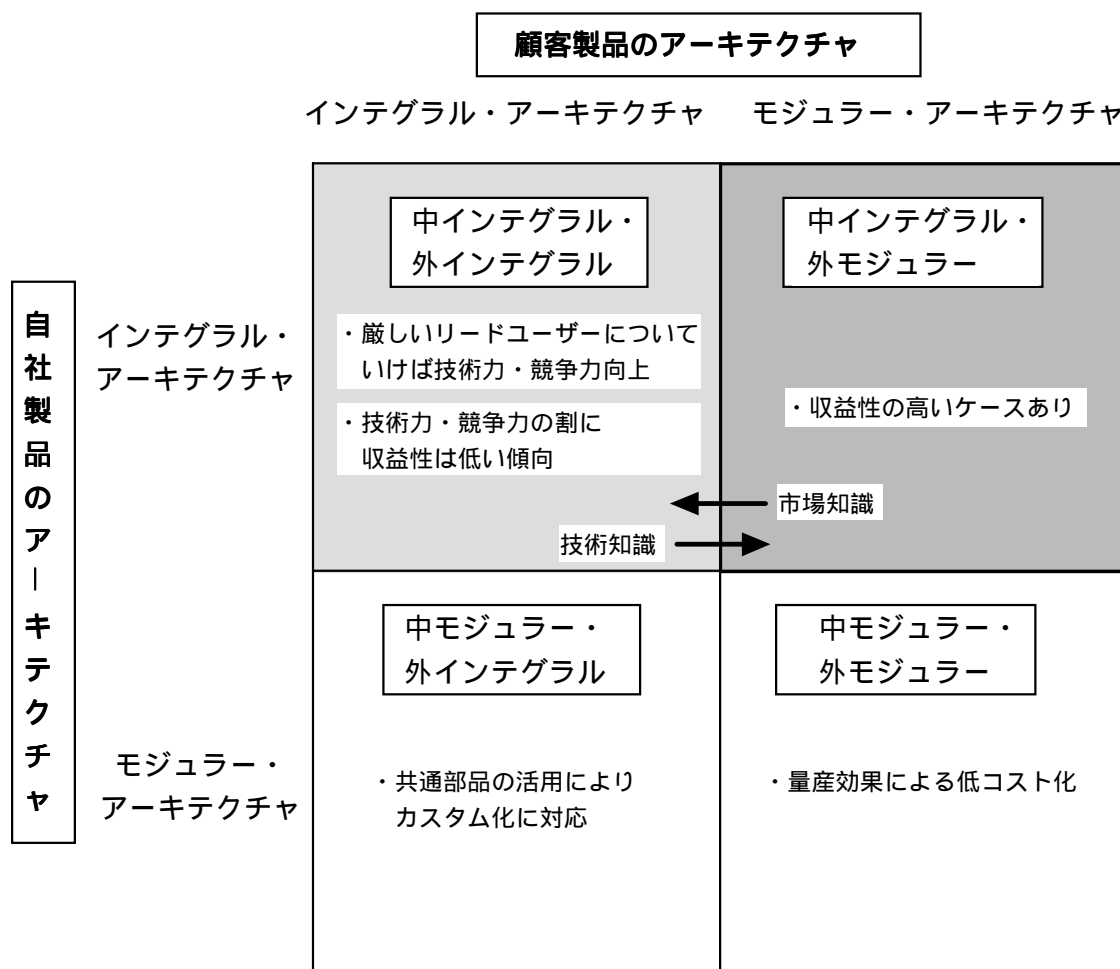
とはいいながらも、今後の日本企業は、少なくともこうした「アーキテクチャの位置取り戦略」をもっと明確に認識し、チャンスがあれば自社あるいは顧客のアーキテクチャ構造を改変することによって、自社に有利な位置取りを常に心掛ける必要がある。

3.9 アーキテクチャのポートフォリオ（組み合わせ）戦略

さて、現代の企業は多くの場合、複数の製品や事業を束として持っており、その束全体の「組み合わせの妙」が企業全体の競争力や収益性に影響を与えることがある。このように、複数の自社製品・自社事業の「位置取り」（ポジション）を組み合わせで全体最適を図ることを、一般に「ポートフォリオ戦略」という。いうまでもなく、市場における各製品のポジションを考えるのが、戦略論の古典である「プロダクト・ポートフォリオ・マネジメント（PPM）」である。これに対し、本稿で考えるのは、自社製品群のアーキテクチャ的なポジション

の組み合わせを考える「アーキテクチャのポートフォリオ戦略」である。

図 1 6 アーキテクチャのポートフォリオ戦略



具体的な例を示そう。前述のように、日本には、「中インテグラル・外インテグラル」という位置取りの企業が多いと推測されるが、その一方、擦り合わせ技術を駆使して作った部品を高付加価値の業界標準品として大量に売っていく「中インテグラル・外モジュラー」のビジネスモデルを採る企業も少なからず存在する。その中には、売上高営業利益率が 15 パーセントを超える企業も少なくない。例えば、自転車部品のシマノ、一般電子部品の村田製作所などである。これらの部品企業の顧客は、モジュラー製品を作る自転車組立メーカーやエレクトロニクス機器メーカーである。

しかし、それでは、「中インテグラル・外モジュラー」ポジションを確保して

いる企業の場合、単純にそこに集中特化して高収益を上げているだけなのだろうか。実はそうとも限らない。

例えば、前述のシマノは、確かに、多段式のギアコンポーネントに集中し、そこで業界標準をとることにより、「自転車のインテル」のような「アーキテクチャの位置取り」を実現している。ところが、そのシマノが、実は冷間鍛造の自動車部品も少しだけ生産している。シマノの自動車部品ビジネスは、予想通り「中インテグラル・外インテグラル」型であり、あまり儲かっていないという。しかし、同社によれば、自動車部品を納入し、厳しい自動車企業の要求についていくことによって、モノ作り能力が非常に鍛えられる。そこで鍛えた技術が自転車部品に転用され、自転車ビジネスの競争優位を支える。このため、あえて利益の薄い自動車部品ビジネスにも少しだけ参入しているという。つまり、「中インテグラル・外インテグラル」と「中インテグラル・外モジュラー」という「アーキテクチャのポートフォリオ」が成立し、前者から後者へ、技術知識のフローがみられるのである。

自動車タイヤ産業でも、同様のポートフォリオがみられる。周知のように、自動車タイヤには、自動車組立メーカーに直納する「組み付けタイヤ」と、自動車ユーザーに販売する「補修タイヤ」がある。このうち、組み付けタイヤは、一般の自動車部品と同様、「中インテグラル・外インテグラル」のビジネスであり、量は出るが、自動車メーカーの厳しい要求があるため、あまり儲からないと言われる。一方、補修タイヤは、「中インテグラル・外モジュラー」型のビジネスであり、予想通り、組み付けタイヤよりずっと利益率が高い。

ところが、それでは補修タイヤ事業だけに集中特化している大手タイヤメーカーがあるかということ、世界のメジャーな企業の中には全くない。その理由としては、組み付けタイヤビジネスがもたらす量産効果ということもあるが、前述の技術移転効果も無視できない。すなわち、組み付けタイヤ・ビジネスで、自動車メーカーの厳しい要求に応じることで培った技術を補修タイヤに転用して、後者でしっかり儲ける、という全体戦略である。確かに補修タイヤビジネスだけに集中特化すれば、当面は利益率は高いだろうが、長期的には、厳しい顧客と付き合ってる組み付けタイヤのメーカーに技術力で負けていく。そうした予想から、この分野でも、「中インテグラル・外インテグラル」と「中インテグラル・外モジュラー」という「アーキテクチャのポートフォリオ」が成立しているのである。

ちなみに、このタイヤのケースでは、図16に示したように、技術知識のフローは、「中インテグラル・外インテグラル」から「中インテグラル・外モジュラー」へと流れると期待されるが、一方、補修部品ビジネスを通じて獲得した、最終ユーザーのニーズに関する情報は、むしろ逆方向に流れ、組み付けタイヤビジネスにおける、自動車メーカーへの逆提案に活用される可能性がある。この意味でも、「組み付けタイヤ」と「補修タイヤ」というポートフォリオは、双方向の知識移転という相乗効果が期待できるのである。

このように、仮に、あるアーキテクチャのポジションが他より儲かる、ということが分かっており、また自社がそのポジションを占める条件が揃っている場合でも、その企業がこのポジションのみに集中特化することが、長期的にベストであるとは限らない。上記のような、ビジネス間での技術移転・知識移転などの効果が予想される場合、あえて複数のポジションを占める、という「アーキテクチャのポートフォリオ戦略」が有効である場合も考慮する必要があるのである。

4 まとめ

本稿では、製品（あるいは工程）アーキテクチャの概念、測定、戦略論への応用という3つのテーマに関して、予備的な考察と若干のアイデアの提出を試みた。

既に見てきたように、製品・工程アーキテクチャという概念は、それ自体全く新しい概念だというわけではない。むしろ、個々の産業や技術分野では、長年語られてきたことを、単に言い直した、という側面もないではない。しかし、それにもかかわらず、21世紀初頭という現段階で、アーキテクチャという概念の応用可能性について論じることには、大きな意味がある。それは、この概念が、まさに、多くの産業や分野でばらばらに語られてきた議論や経験を、産業間で共有するための、ある種の共通言語となる可能性を持っているからである。

つまり、「アーキテクチャ」という概念は、ある産業の戦略家や現場実務家、さらには産業政策の担当者が、他の産業や分野の経験や理論から学ぶための、外に向けて開かれた窓のようなものである。あるいは、外の世界を見渡すのに必要な眼鏡のようなものである。そして、日本の産業実務家や政策担当者が、現在もっとも必要としていることの一つは、産業を超えた、歴史観や戦略観の共有である。ゆえに、「アーキテクチャ」の概念を把握し、測定の方法を考え、戦略や政策に応用することが、重要な意味を持つのである。

とりわけ、21世紀初頭の我が国製造企業のめざすところは、オペレーション（業務）のレベルでの強みをしっかり活かしつつも、その上で従来弱かった「戦略構想能力」を強化し、オペレーション力と戦略力のバランスの取れた企業体質を作り上げていくことである（藤本 [2002a]）。経営テクニクや情報技術のレベルでの表面的な対米追随だけでは、米国のトップ企業に伍してはいけない。あくまで、20世紀後半の日本企業が確立した「摺り合わせ型製品」における「もの造り能力」という貴重な知的資産を最大限に活かし、その上に、一部の欧米企業が持つような「戦略構想能力」を積み上げることによって、はじめて、21世紀への展望が開ける。

こうした「戦略構想能力」を支える、基本的な発想は、これまでも、戦略論やオペレーション論において様々に提案されてきた。しかし、アーキテクチャ発想は、それら既存の概念や論理では見落とされがちであった現象や問題を説

明する上で、有効なツールであると期待される。

その概念の明確化、測定の具体化、経営戦略論や政策論への応用は、ある意味で始まったばかりであり、地道な努力の積み重ねが必要である。例えば、主に機械製品、エレクトロニクス製品、情報産業などを分析する道具として発達してきたアーキテクチャ概念を、プロセス産業、ソフトウェア、サービス業など、幅広い分野に応用するためには、どのような定義の拡大が必要だろうか。産業を超えて、一つのスケールで、アーキテクチャの「インテグラル度」「モジュラー度」などを測定することは可能だろうか。それに基づいて、アーキテクチャの観点から新たな産業分類を提案することは可能だろうか。アーキテクチャの戦略論をさらに具体化し、企業のパフォーマンスとの関係を、実証的に明らかにすることは可能だろうか。これらは、すべて今後の課題である。

その意味で、本稿は、アーキテクチャ発想を、より実証的な戦略論や政策論に結び付けるための、試論の一つと位置付けることが出来よう。

参考文献

- Abernathy, W. (1978) *Productivity Dilemma*. Johns Hopkins University Press.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Andrews, K. (1970). *The Concept of Corporate Strategy*. Homewood Illinois: Richard D. Irwin.
- 青木昌彦、安藤晴彦編著(2002)『モジュール化』東洋経済新報社。
- 青島矢一・武石彰(2001)「アーキテクチャという考え方」藤本隆宏・武石彰・青島矢一編『ビジネス・アーキテクチャ：製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣。
- ボールドウィン、カーリス・Y(2002)「モジュール化のコストと価値」青木昌彦、安藤晴彦編著『モジュール化』東洋経済新報社。
- Baldwin, C. Y. and K. B. Clark (2000). *Design Rules: The Power of Modularity*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Clark, K. B. and T. Fujimoto (1990) “The Power of Product Integrity.” *Harvard Business Review*, November-December: 107-118. (邦訳：藤本隆宏・キム・B・クラーク, 1991, 「製品統合性の構築とそのパワー」阪本義実訳『DIAMOND ハーバード・ビジネス』3月: 4-17)
- Cusumano, M. A. and R. W. Selby (1995). *Microsoft Secrets: How the World's most powerful Software Company Creates Technology, Shapes Markets, and Manages People*. NY: The Free Press、山岡洋一訳『マクロソフト・シークレット(上・下) 勝ち続ける驚異の経営』日本経済新聞社
- Fine, C. H. (1998). *Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*. Reading, MA: Peruseus Books.
- 藤本隆宏(1986)「テクノロジー・システムに関するノート」土屋守章編『技術革新と経営戦略』日本経済新聞社
- 藤本隆宏(1997)『生産システムの進化論 トヨタ自動車にみる組織能力と創発プロセス』有斐閣
- 藤本隆宏(1998)「アーキテクチャー：競争力確保の重要要素に」『日本経済新聞』[経済教室] 3月23日
- 藤本隆宏(2001a)「アーキテクチャの産業論」藤本隆宏・武石彰・青島矢一編『ビジネス・アーキテクチャ：製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣。

- 藤本隆宏(2001b)「世界自動車産業に新たな道を提示：ルノー＝日産提携の歴史的価値」『週刊ダイヤモンド』ダイヤモンド社 2001年6月16日:116-119。
- 藤本隆宏(2001c)『生産マネジメント入門(上)(下)』日本経済新聞社。
- 藤本隆宏(2002a)「企業の実力」、やさしい経済学欄、1月25日 2月1日、『日本経済新聞』
- 藤本隆宏(2002b)「日本型サプライヤーシステムとモジュール化—自動車産業を事例として」青木昌彦、安藤晴彦編著『モジュール化』東洋経済新報社。
- Goepfert, J. and M. Steinbrecher (1999) "Modular Product Development: Managing Technical and Organizational Interdependencies." mimeo.
- Grant, R. (1991), "The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation." *California Management Review*, June: 114-135.
- 伊丹敬之(1984)『新・経営戦略の論理』日本経済新聞社。
- 國領二郎(1999)『オープン・アーキテクチャ戦略』ダイヤモンド社。
- 楠木健・ヘンリーW. チェスブロウ(2001)「製品アーキテクチャのダイナミックシフト」藤本隆宏・武石彰・青島矢一編『ビジネス・アーキテクチャ：製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣。
- 桑嶋健一・藤本隆宏(2001)『化学産業における効果的な製品開発プロセスの研究 分析枠組みと若干の実証分析』経済学論集 第67巻第1号
- Langlois, R. N. and P. L. Robertson [1992] "Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries," *Research Policy*, 21 pp.297-313
- 門田安弘(1983)『新トヨタシステム』講談社。
- 大原盛樹(2001)「中国オートバイ産業のサプライヤー・システム」『アジア経済』4月号。
- 太田原準(2001)「日本二輪産業における構造変化と競争：1945 1965」『経営史学』第34巻第4号
- 大野耐一(1978)『トヨタ生産方式』ダイヤモンド社。
- Penrose, E.T. (1968) *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford : Basil
- Porter, M.E. (1980). *Competitive Strategy*. New York: Free Press (土岐坤他訳『競争の戦略』ダイヤモンド社)

- Simon, H.A. (1996). *The Science of the Artificial*. Third ed., Cambridge, MA: MIT Press.
- Thompson, J. D. (1967), *Organization in Action*. New York: McGraw-Hill.
- Ulrich, K. T. (1995). " The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm " . *Research Policy*, 24 : 419-440.
- Wernerfelt, B. (1984), "A Resource-Based View of the Firm." *Strategic Management Journal*, Vol. 5: 171-180.
- Wernerfelt, B. (1995), "The Resource-Based View of the Firm: Ten Years After." *Strategic Management Journal*, Vol. 16: 171-174.
- Womack, J., et al. (1990) *The Machine that Changed the World*, New York: Rawson Associates.